



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO STRICTO SENSU EM
CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

**Aproveitamento Da Casca De Café Tratada Com Enzimas
Fibrolíticas Na Alimentação De Ruminantes**

YASMIN HALUAN PORTO MOURA

**Itapetinga- Bahia
Abril-2016**

Aproveitamento Da Casca De Café Tratada Com Enzimas Fibrolíticas Na Alimentação De Ruminantes

Autora: Yasmin Haluan Porto Moura
Orientadora: Prof^a. Carmen Lucia de Souza Rech
Co-orientadores: Prof. Mauro Pereira de Figueiredo
Prof. José Luiz Rech

“Dissertação apresentada, como parte das exigências para obtenção do título de MESTRE EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS, no Programa de Pós-Graduação Stricto Sensu em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Área de concentração: Meio Ambiente e Desenvolvimento”

**Itapetinga- Bahia
Abril-2016**

636.085 M889a Moura, Yasmin Haluan Porto.
Aproveitamento da casca de café tratada com enzimas fibrolíticas na alimentação de ruminantes. / Yasmin Haluan Porto Moura. – Itapetinga-BA: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, 2016.
74fl.

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais do Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga, BA. Área de Concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento. Sob a orientação da Profª. D. Sc. Carmen Lúcia de Souza Rech e co-orientação dos Prof. D. Sc. Mauro Pereira de Figueiredo e Prof. D. Sc. José Luiz Rech.

1. Ruminantes – Alimentação – Casca de café. 2. Ruminantes – Alimentação alternativa – Enzimas fibrolíticas. 3. Resíduos agroindustriais – Reaproveitamento – Alimentação – Ruminantes. 4. Casca de café – Nutrição animal. I. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. II. Rech, Carmen Lúcia de Souza. III. Figueiredo, Mauro Pereira de. IV. Rech, José Luiz. V. Título.

CDD(21): 636.085

Catálogo na fonte:

Cláudia Aparecida de Souza – CRB/5-1014
Bibliotecária – UESB – Campus de Itapetinga-BA

Índice Sistemático para Desdobramento por Assunto:

1. Casca de café: Alimentação alternativa
2. Composição Química
3. Degradabilidade Ruminal
4. Enzimas Celulase e Hemicelulase
5. Resíduos agroindustriais: Reaproveitamento

**UNIVERSIDADE ESTADUAL DO SUDOESTE DA BAHIA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS**

YASMIN HALUAN PORTO MOURA

**Aproveitamento Da Casca De Café Tratado Com Enzimas
Fibrolíticas Na Alimentação De Ruminantes**

Trabalho de pesquisa apresentada à Banca de defesa da dissertação, Curso de Mestrado em Ciências Ambientais - Área de Concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Campus de Itapetinga-BA.

Aprovado em: 25/ 02/2016

BANCA EXAMINADORA

Prof^a Dr^a Alexilda de Oliveira Souza

Prof^o Dr. Joel Queiroga Ferreira

Prof^o Dr. José Luiz Rech

DEDICATÓRIA

**À minha família, que
possibilitou a realização
desta conquista
intelectual e profissional.**

Dedico.

AGRADECIMENTOS

A **Deus**, pelas bênçãos concedidas em minha vida e por me amparar quando já não tinha forças para andar, dele veio toda minha força para seguir em frente;

A toda minha família (tios, tias, primos e primas), pois é minha raiz, meu maior tesouro, principalmente ao meu avô Altino Lima Porto e minha avó Berenice Santos (*in memoriam*), pelo amor incondicional;

À minha mãe Angela Santos Porto e à minha irmã Tayná Porto Moura, por me darem todo apoio e amor do mundo;

Ao meu noivo Janderson de Jesus Lacerda, pelo companheirismo, estando sempre ao meu lado, dando-me amor, força e apoio;

À Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB) e ao Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, pela oportunidade de crescimento profissional e pessoal;

À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado da Bahia (FAPESB), pela concessão da bolsa de estudos;

À COOPMAC, pela doação do resíduo da casca de café, o que foi essencial para a realização desta pesquisa, bem como a Novozymes Latin América Ltda, pelas enzimas celulose (NS 50013) e hemicelulose (NS 22022);

À minha orientadora Prof^ª Carmen Lucia de Souza Rech, por não ser somente minha orientadora, o que contribuiu muito para soma de conhecimentos, mas também por ser uma amiga e conselheira;

Ao Prof. Mauro Pereira Figueiredo, pela orientação no projeto, no qual, através de seus ensinamentos, pude amadurecer profissional e pessoalmente;

Aos Professores José Luiz Rech, Simone Andrade e Alexandro Andrade, pela colaboração e ensinamentos;

Aos amigos e colegas de pós-graduação, pela convivência harmoniosa, amizade e carinho de todos;

A todos os meus amigos, por ter tornado essa jornada menos pesada, principalmente a Fran, pelo apoio e amizade;

Aos colegas do Laboratório de Nutrição Animal – no campus de Itapetinga, ao Alex, técnico do laboratório de Nutrição Animal, pela amizade e paciência de me auxiliar nas análises bromatológicas; e no Campus Vitória da Conquista, a Jennifer, Lorena, Mateus, Luis Antônio, Ravane, Marleide, Hosnerson e à técnica de laboratório, Vera, pela parceria em todos os momentos da execução desta pesquisa;

Em especial ao colega da pós-graduação Yann Santos Luz, pela colaboração nas análises estatísticas e a todos que contribuíram de alguma maneira para que eu chegasse até aqui, meu muito obrigado. **Que Deus os abençoe!**

BIOGRAFIA

YASMIN HALUAN PORTO MOURA, filha de José Ferreira Moura Filho (*in memorian*) e Angela Santos Porto, nasceu em 1 de janeiro de 1991, em Vitória da Conquista, Bahia.

Concluiu o ensino médio no final de 2008, ingressando no curso de Engenharia Agrônômica da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia em 2009, finalizando-o em fevereiro de 2014. Em março de 2014, iniciou o Mestrado em Ciências Ambientais, no Programa de Pós-graduação em Ciências Ambientais, da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia. Vindo a concluir o mestrado em fevereiro de 2016.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	4
2.1. Resíduos agroindustriais e meio ambiente	4
2.2. Impactos Ambientais da casca de café	5
2.3. Cascas de café.....	8
2.4. Uso da casca de café na alimentação de Ruminantes	11
2.5. Tratamentos físicos, químicos e biológicos da casca de café.....	13
2.6. Enzimas fibrolíticas exógenas	14
3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS	19
3.1. Justificativa.....	19
3.2. Objetivos.....	20
3.2.1. Objetivo Geral:	20
3.2.2. Objetivos Específicos:	20
3.3. Hipótese	20
3. REFERÊNCIAS	21
CAPÍTULO I – COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA CASCA DE CAFÉ SEM E COM ENZIMAS FIBROLÍTICAS	32
RESUMO	32
ABSTRACT	33
1. INTRODUÇÃO.....	34
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	36
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	39
4. CONCLUSÃO.....	47
5. REFERÊNCIAS	48
CAPÍTULO II – DEGRADABILIDADE RUMINAL IN VITRO DA CASCA DE CAFÉ COM ENZIMAS FIBROLÍTICAS EXÓGENAS	52
RESUMO	52

ABSTRACT	53
1.INTRODUÇÃO.....	54
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	56
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	60
4. CONCLUSÃO.....	71
5. REFERÊNCIAS	72

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Médias de teores de nutrientes mínimos e máximos encontrados na literatura da composição bromatológica da casca de café.	9
Tabela 2. Composição químico-bromatológica do resíduo casca de café <i>in natura</i>	39
Tabela 3. Valores médios de matéria seca, cinzas, proteína bruta e extrato etéreo do resíduo de casca de café tratado com enzimas fibrolíticas.....	41
Tabela 4. Valores médios dos componentes da parede celular do resíduo de casca de café tratado com enzimas fibrolíticas.....	43
Tabela 5. Parâmetros médios da degradabilidade ruminal <i>in vitro</i> da MS do RCC.....	61
Tabela 6. Parâmetros médios da degradabilidade ruminal <i>in vitro</i> da FDN do RCC.....	65
Tabela 7. Parâmetros médios da degradabilidade ruminal <i>in vitro</i> da FDA do RCC.....	68

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 01. Elétron-micrografias de varredura dos resíduos de degradação <i>in situ</i> da silagem de milho.....	15
Figura 02. Efeitos das enzimas em FDN no tempo de 24 h.	45
Figura 03. Efeitos das enzimas em FDN no tempo de 48 h.	45
Figura 04. Gráfico da cinética da fermentação ruminal <i>in vitro</i> da MS do RCC	63
Figura 05. Gráfico da cinética da fermentação ruminal <i>in vitro</i> da FDN do RCC.....	66
Figura 06. Gráfico da cinética da fermentação ruminal <i>in vitro</i> da FDA do RCC.....	69

LISTA DE ABREVIATURAS

a- Fração solúvel
b- Fração potencialmente degradável
c-Taxa de degradação da fração b
CEL- Celulose
COOPMAC - Cooperativa Mista Agropecuária Conquistense
CONAB- Companhia Nacional de Abastecimento
DBC - Delineamento em Blocos Casualizados
DE - Degradabilidade Efetiva
DIVFDN - Degradabilidade *in vitro* da fibra em detergente Neutro
DIVMS - Degradabilidade *in vitro* da Matéria Seca
DP - Degradabilidade Potencial
EE - Extrato Etéreo
EFE - Enzimas Fibrolíticas Exógenas
FDA - Fibra Detergente ácida
FDN - Fibra Detergente Neutra
HEM - Hemicelulose
I- Fração indigestível
IBGE-Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
g/L- Grama por Litro
g/Kg - Grama por quilo
g/kgMS - Grama por Quilo de Matéria Seca
Kg - Quilo
L - Litro
LIG - Lignina
mL - Mililitro
MM -Matéria Mineral
MN - Matéria natural
MO - Matéria Orgânica
MS -Matéria seca
MAPA -Ministério de Agricultura Pecuária e Abastecimento
ODM - Objetivos de Desenvolvimento do Milênio
PB -Proteína Bruta
PIB – Produto Interno Bruto
PNUD - Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento
RCC - Resíduo Casca de Café
SEAGRI - Secretaria de Agricultura, Irrigação e Reforma Agrária
UESB - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia

RESUMO GERAL

MOURA, Y.H.P. **Aproveitamento da casca de café tratada com enzimas fibrolíticas na alimentação de ruminantes**. Itapetinga – BA: UESB. 2015. 85 p. Dissertação - Mestrado em Ciências Ambientais – Área de Concentração em Meio Ambiente e Desenvolvimento.

A atividade agrícola tem gerado uma quantidade progressiva de resíduos, os quais necessitam ser reutilizados de forma adequada para que não promovam impactos ambientais negativos e que, ao mesmo tempo, seja agregado valores a estes para que possam ser utilizados na alimentação de animais. A investigação de alimentos alternativos para serem utilizados na alimentação animal é um grande desafio, pois se tem buscado um sistema de produção agropecuária mais sustentável e, que não afete principalmente o solo e a água. Diante do exposto, é que surgiu a possibilidade da inclusão da casca de café na alimentação de ruminantes através do tratamento com enzimas fibrolíticas, verificando os efeitos destas sobre a digestibilidade dos componentes da parede celular deste resíduo. A pesquisa foi conduzida no laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Itapetinga e Vitória da Conquista, com o intuito de se fazer o reaproveitamento do resíduo da casca de café. O objetivo foi avaliar o efeito de doses crescentes de enzimas celulolíticas e hemicelulolíticas sobre a composição bromatológica e a degradabilidade ruminal *in vitro* da casca de café, para uso na alimentação de ruminantes como uma fonte de alimento alternativo, principalmente no período da seca. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2x4, sendo dois tempos de ação enzimática (24 e 48 h) e quatro doses de enzimas (1,5 ; 3 ; 4,5 e 6%), com os seguintes tratamentos: Resíduo Casca de Café-RCC₁: 1,5% de enzimas e 24h de ação enzimática; RCC₂: 3% de enzimas e 24h de ação enzimática; RCC₃: 4,5% de enzimas e 24h de ação enzimática; RCC₄: 6% de enzimas e 24h de ação enzimática; RCC₅: 1,5% de enzimas e 48h de ação enzimática; RCC₆:3,0% de enzimas e 48h de ação enzimática; RCC₇:4,5% de enzimas e 48h de ação enzimática; RCC₈:6% de enzimas e 48h de ação enzimática , com base na matéria seca. Para composição bromatológica, a interação entre efeito de doses crescentes das enzimas fibrolíticas e tempo de incubação foi observada somente para o parâmetro nutricional FDN, onde o ponto de máxima se situa em 3,5% de adição de enzimas no tempo de 24h. Para degradabilidade ruminal *in vitro* da casca de café com enzimas fibrolíticas exógenas, observou-se que ao se adicionar enzimas, ocorreu uma melhoria na degradabilidade dos parâmetros nutricionais MS, FDN e FDA, em que o tempo de 24h mostrou-se mais adequado.

Palavras-chave: Resíduos Agroindustriais, Enzimas Celulase e Hemicelulase, Degradabilidade Ruminal, Composição Química, Nutrição Animal.

ABSTRACT

Moura, Y.H.P. **Use of coffee husks treated with fibrolytic enzymes in ruminant feed.** Itapetinga- BA: UESB. 2015. 87 p. Dissertation - Master in Environmental Sciences - Area of Concentration Area: Environment and Development.*²

Agricultural activity generates a gradual and progressive amount of waste which needs to be reused properly as not to promote negative environmental impact. At the same time an added value should be incorporated to this agricultural residue in order to use it as an animal feed. Searching for alternative feeds to be used in ruminant feeding is nowadays a major challenge because more sustainable agricultural production systems that do not affect nor soil neither water are continuously being investigated. Thus, coffee hulls previously treated with fibrolytic enzymes, could be used as an alternative ruminant feeds, evaluating their effects on this residue cell wall components digestibility. The experiment was carried out at the Animal Nutrition Laboratory, at Southwest Bahia's State University, located in Itapetinga and Vitória da Conquista Campus, aiming a rational use of coffee hulls in ruminant nutrition. Therefore, the objective of the experiment was to evaluate the effect of increasing doses of cellulolytic and hemicelulolitic enzymes on chemical composition and *in vitro* ruminal degradability of coffee hull as an alternative ruminant feedstuff, especially during the drought periods during the year. A completely randomized design, with a 2x4 factorial scheme was used. Two enzymatic treating periods (24 and 48 h) and four doses of enzyme (1.5, 3, 4.5 and 6%), were evaluated, according to the following treatments of coffee hull residue: RCC1 - 1.5% of enzymes and 24 hours of enzyme action; RCC2 - 3% enzymes and 24 enzyme action; RCC3 - 4.5% of enzymes and 24 of enzyme action; RCC4 - 6% of enzymes and 24 of enzyme action; RCC5 - 1.5% enzymes and 48h of enzyme action; RCC6 - 3.0% of enzymes and 48 hours of enzyme action; RCC7 - 4.5% of enzymes and 48 hours of enzyme action; RCC8 - 6% 48h enzymes and enzyme action (dry matter basis). For chemical composition, the interaction effect of increasing doses of fibrolytic enzymes and enzyme incubation time was observed only for NDF nutritional parameter, where the highest effect was obtained with 3.5% added enzyme within 24h treatment period. For ruminal degradability *in vitro* coffee pods with exogenous enzymes Fibrolytic noted that by adding enzymes, there was an improvement in the degradation of nutritional parameters DM, NDF and ADF, in the time of 24 hours was more appropriate.

Keywords: Waste Agroindustrial, Cellulase Enzymes and Hemicellulase, Rumen Degradability, Chemical Composition, Animal Nutrition.

1. INTRODUÇÃO

A partir do processo de industrialização, o Brasil vem apresentando acentuado crescimento nas atividades agropecuárias e agroindustriais, atividades estas que contribuem muito para o desenvolvimento do país e que conseqüentemente são geradoras de uma grande quantidade de resíduos. Esses resíduos têm se acumulado no meio ambiente e podem apresentar composições diversas, como compostos orgânicos ou inorgânicos, sendo, na maioria das vezes, resíduos de composição complexa (SANTOS et al., 2012).

Dentro das atividades agroindustriais destaca-se a cafeicultura que movimenta de forma representativa a economia do país. A atividade de lavagem e despolpa de frutos do cafeeiro, necessária para a redução do custo de secagem e a melhoria da qualidade de bebida, é geradora de grandes volumes de resíduos sólidos e líquidos, ricos em material orgânico e inorgânico que, se dispostos no meio ambiente sem tratamento, podem causar a destruição da flora e da fauna, além de comprometer a qualidade da água e do solo (MATOS et al., 2007; MATOS; MAGALHÃES; FUKUNAGA, 2006; RIGUEIRA et al., 2010).

Dos diversos resíduos da agroindústria, a casca de café é resultante do beneficiamento do grão pelos métodos via úmida e seca, no primeiro método tem-se como resíduo a polpa do café cereja, composta de epicarpo e parte do mesocarpo. O fruto do café no Brasil é comumente beneficiado por via seca, em que o mesmo é seco na sua forma integral, dando um rendimento de 50% do peso colhido (CAIELLI, 1984). Na via seca, a casca, advinda do café em coco é composta de epicarpo (casca), mesocarpo (polpa ou mucilagem) e endocarpo (pergaminho) (MATIELLO, 1991), sendo o resíduo do último método o mais utilizado nas pesquisas para a alimentação animal (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL 2000). Segundo a Conab (2014), o Brasil produziu cerca de 45,14 milhões de sacas de café. A casca constitui o primeiro resíduo e representa cerca de 39% da massa fresca ou 29% da massa seca do fruto (MATOS, 2008).

Visto que a polpa e a casca de café são resíduos produzidos em grande quantidade e suas características bromatológicas apresentam potencial para utilização na alimentação

animal (TEIXEIRA, 1995), é que se passou a aproveitar estes resíduos, que antes, quando descartados no meio ambiente, geravam diversos problemas.

Apesar da casca de café poder ser utilizada na alimentação animal, especialmente na alimentação de ruminantes, esta possui características antinutricionais, como os polifenóis. Segundo Ramirez (1987), os compostos fenólicos, ou polifenóis, estão presentes nos vegetais e compreende um grupo heterogêneo de substâncias, umas com estruturas químicas relativamente simples e outras complexas, como os taninos e a lignina. Ørskov (1992) afirma que plantas que contêm alta proporção de tanino podem ser resistentes à degradação no rúmen. O tanino parece causar ligação cruzada entre proteínas e outras moléculas. Assim, o tanino pode ser utilizado como método de proteção, na degradação da proteína no rúmen. Há aparentemente dois tipos de reações com o tanino: uma reação de hidrólise, que é reversível em condições ácidas no abomaso, e outra reação de condensação, a qual é irreversível.

Barcelos et al. (1997 a, b) encontraram teores de 1,83 e 1,29% de taninos e 0,86 e 0,81% de cafeína, enquanto Ribeiro Filho (1998) encontrou teor de 2,08% para os compostos fenólicos totais da casca de café e 0,97% para cafeína. Existe evidência de que alguns monômeros fenólicos, liberados durante a degradação microbiana de materiais fibrosos, podem inibir o crescimento de certas bactérias do rúmen e deprimir a digestão da celulose (CHESSON, STEWART, WALLACE 1982, BARCELOS et al., 2001 e JUNG, 1985). Segundo Dawson e Allison (1988), os compostos fenólicos, que influenciam a digestão da celulose, incluem ácidos benzóico, cinâmico e cafeico.

Sabendo que a casca de café possui fatores antinutricionais e geralmente é incluída na alimentação animal sem nenhum tratamento prévio, o uso de enzimas fibrolíticas exógenas surge como alternativa no sentido de aumentar o valor nutritivo (BEAUCHEMIN et al., 2000) dos resíduos agroindustriais utilizados na alimentação de ruminantes, podendo atuar sobre os efeitos antinutricionais do resíduo da casca de café (RCC), agindo na parede celular dos mesmos e, conseqüentemente, melhorando sua digestibilidade.

No Estado da Bahia, a cidade Barra do Choça se destaca na produção de café, sendo o município com maior força produtiva com aproximadamente 20.976 toneladas, gerando uma grande quantidade de resíduo da agroindústria, segundo dados levantados pelo IBGE em 2009 (SEBRAE, 2011). Está localizada sob as coordenadas geográficas 14° 51'52" de latitude sul e 40° 34'44" de longitude oeste, com área total de 778 km², abrange uma área de produção de 18.400 ha. A COOPMAC (Cooperativa Mista Agropecuária Conquistense), localizada em Vitória da Conquista- BA, é responsável na região pelo beneficiamento do café, e partes dos resíduos são devolvidos ao produtor, com exceção do pergaminho. A espécie cafeeira

explorada na região é o arábica cv. Catuaí, que apresenta menos pergaminho na estrutura da casca que os demais cultivares produzidos, estando com os grupamentos fenólicos dentro dos limites citados por Barcelos et al (1997 a,b) e Ribeiro Filho (1998).

Diante do exposto, é que surgiu a perspectiva de utilização da casca de café na alimentação de ruminantes, pois estes aproveitam melhor os alimentos fibrosos por causa do seu sistema digestivo diferenciado, ainda sobre a utilização deste resíduo, resolveu-se estudar o efeito de produtos biotecnológicos, dentre eles, as enzimas fibrolíticas exógenas, com o intuito de verificar seus efeitos sobre a digestibilidade dos componentes da parede celular deste resíduo e, também sobre a sua composição bromatológica.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. Resíduos agroindustriais e meio ambiente

O termo resíduo é utilizado em sentido amplo, e refere-se não somente a sólidos como também a efluentes líquidos e espécies materiais presentes nas emissões atmosféricas (TIMOFIECSYK e PAWLOWSKY, 2000) e são diferenciados do lixo por possuírem valor agregado com possibilidade de uso em diversos processos, nos quais os resíduos da biomassa se enquadram (SILVA et al., 2011). Além de criar sérios problemas ambientais, a geração de resíduos representa também perdas de matérias-primas e energia, exigindo investimentos significativos em tratamentos para controlar a poluição. A maioria dos tratamentos não eliminam os resíduos, mas os transferem para outra fase, necessitando de outros tratamentos (CRITTENDEN e KOLACZKOWSKI 1995).

A crescente preocupação com o meio ambiente tem mobilizado órgãos fiscalizadores e atividades potencialmente poluidoras para implantar uma política ambiental que diminua os impactos negativos à natureza. Isso tem provocado a realização de constantes revisões e alterações nas resoluções ligadas a resíduos, que classificam e propõem metas de redução, reutilização e reciclagem (PELIZER et al., 2007).

A pesquisa científica aponta que, a partir da década de 1980, ocorreu o agravamento de problemas ambientais globais como a destruição da camada de ozônio, o efeito estufa e o comprometimento da biodiversidade, além dos impactos locais provenientes da geração de resíduos líquidos e sólidos e, esses problemas demandaram a rediscussão do modelo de desenvolvimento, que se mostrava limitado por seus efeitos sobre a sustentabilidade (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2000).

Nas últimas décadas, o Brasil vem apresentando acentuado crescimento no agronegócio, colocando-o em posição de destaque no processo de desenvolvimento do país; os significativos avanços nesse setor, promovidos pela disseminação de novas tecnologias impulsionadas pela Revolução Verde nas décadas de 1960 e 1970, implicaram no aumento do consumo de insumos e da geração de resíduos nas atividades: agropecuária e agroindustrial

(ROSA et al., 2011; MOREIRA, 1999; MOREIRA, 2003). No agronegócio, com o sistema composto de empresas/organizações, a aplicação do conceito sustentabilidade torna-se mais evidente em seu aspecto ambiental, principalmente pela degradação do ambiente (SILVA, 2012).

A geração de resíduos está associada ao desperdício no uso de insumos, às perdas entre a produção e o consumo, e aos materiais que, gerados ao longo da cadeia agroindustrial, não possuem valor econômico evidente. Os dados sobre o tipo e volume de resíduos gerados no agronegócio mundial são escassos, mas estima-se que, em média, de 20% a 30% da safra de grãos, de frutas e de hortaliças colhidas no Brasil sejam desperdiçados no caminho entre a lavoura e o consumidor (ONG BANCO DE ALIMENTOS, 2004).

O sistema agroindustrial do café no país é composto por todos os segmentos que estão ligados direta e indiretamente à produção, beneficiamento, transformação e consumo de produtos de origem agrícola. Embora os setores de torrefação e moagem do café não respondam por elevados impactos sobre o meio ambiente, esta atividade empresarial deve seguir padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Por se tratar de uma importante etapa do negócio cafeeiro, pode colaborar na conscientização ambiental dos demais setores da cadeia produtiva. Dessa forma, torna-se importante desenvolver um sistema de gestão ambiental neste segmento industrial (PULIDO e RIZK, 2012).

2.2. Impactos Ambientais da casca de café

A partir do processo de beneficiamento do café, são produzidas grandes quantidades de resíduos vegetais, principalmente a casca (palha melosa) e o pergaminho (palha voadeira) (MIRANDA, 2013).

De acordo com Badocha et al (2003), a quantidade de casca de café gerada durante o processamento é equivalente ao total de grãos beneficiados. Apesar da grande quantidade de resíduos gerados no meio agrícola e agroindustrial, apenas uma pequena porcentagem é aproveitada, em razão do desconhecimento do potencial energético e pela falta de equipamentos apropriados para sua utilização. Da geração dos resíduos agrícolas no Brasil, a casca de arroz, o bagaço de cana e a casca de café são os predominantes (MAGALHÃES et al, 2008).

Para se ter uma ideia do impacto ambiental dos resíduos gerados no processamento do café, 94% são subprodutos como água de lavagem, polpa e a casca (YOSHIDA, 2005).

A decomposição de resíduos vegetais gera aleloquímicos, entretanto, esse processo de liberação não é uniforme, variando conforme as condições edafo-climáticas (REIGOSA et al.1999). As substâncias alelopáticas são quimicamente identificadas como terpenos, fenóis, taninos e alcalóides, sendo produzidas pelas raízes, folhas e resíduos vegetais como a casca, e contaminam o solo onde caem (SANTOS et al 2015; MAY et al 2011; PIRES et all 2010; ALVES et al 2004; SARIEGO 2003).

Segundo Chou & Kuo (1986), existem diversas rotas de liberação dessas substâncias para o ambiente, incluindo-se a volatilização pelas partes aéreas das plantas, lixiviação das superfícies do vegetal por intermédio da chuva, orvalho e neblina, a exsudação pelas raízes, a decomposição de resíduos vegetais e lixívia de serrapilheira.

O acúmulo desses resíduos forma uma cobertura morta no solo com potencial alelopático (SANTOS 2006), que pode interferir positiva ou negativamente no ecossistema. A alelopatia é a inibição ou estímulo do crescimento de plantas vizinhas à planta, que possui este potencial. Esta pode ser impactante, por exemplo, por interferir na estrutura das populações vegetais, devido a alterações das condições naturais de uma comunidade (MAY et al 2011).

O principal efeito da poluição orgânica em um corpo d'água receptor é a diminuição da concentração de oxigênio dissolvido, uma vez que bactérias aeróbias utilizam o oxigênio dissolvido no meio para efetuar seus processos metabólicos, tornando possível a degradação do material orgânico lançado no meio (LIMA, 2006).

Da mesma forma que a polpa e a mucilagem, a casca do fruto de cafeeiro apresenta grande quantidade de potássio e outros nutrientes, e por isso, devem ser feitos estudos como forma de aproveitá-los de maneira alternativa (LIMA, 2006)

De acordo com Loehr (1984) e Oliveira (1977), citados por Matos(1995), altas concentrações de Na e K podem causar dispersão da argila, promovendo a desagregação e influenciando a permeabilidade do solo. Além disso, podem trazer problemas de salinidade, concorrendo para o aparecimento de efeitos tóxicos e diminuição da disponibilidade de água para as plantas.

No caso de resíduos sólidos, atenção especial deve ser dada quanto ao acúmulo de pilhas de cascas de café em locais onde é feito o beneficiamento dos frutos do cafeeiro.

Santos e Matos (2000), avaliando a contaminação do solo de áreas de depósito de cascas de frutos do cafeeiro, encontraram elevadas concentrações de amônio e potássio em maiores profundidades do solo de locais onde as deposições eram mais antigas (três anos). Os autores concluíram que houve contaminação superficial e subsuperficial do solo pelos

lixiviados das pilhas, o que pode colocar em risco a exploração agrícola da área ou a contaminação de águas subsuperficiais.

Segundo uma pesquisa realizada por Pulido e Rizk (2012) sobre diagnóstico ambiental de uma indústria de café, os aspectos que resultaram em impactos negativos moderados se deram principalmente pela geração de resíduos sólidos (como a casca), podendo diminuir a vida útil do aterro, alterar as características físicas do solo, contaminar o solo, impactar visualmente e gerar odores pela geração de calor, provocando desconforto e aquecimento local.

Uma das possibilidades de estudos seria a sua utilização, partindo do pressuposto deste resíduo poder apresentar ou não algum efeito alelopático sobre a germinação de sementes (MIRANDA et al., 2013).

A casca é o principal resíduo do beneficiamento do café, no entanto não podemos deixar de comentar alguns dos fatores antinutricionais que apresentam como a cafeína (1,2%), taninos (6,3%) e polifenóis (SOCCOL, 2002), tóxicos a microbiota ruminal.

Os compostos fenólicos, ou polifenóis, estão presentes nos vegetais e compreende um grupo heterogêneo de substâncias, umas com estruturas químicas relativamente simples e outras complexas, como os taninos e a lignina (RAMIREZ, 1987). A presença dessas substâncias limita o uso deste resíduo como complemento à alimentação animal, fertilizantes e biocomposto. No entanto, por apresentar uma boa quantidade de açúcares fermentáveis, tem sido considerado um substrato apropriado para o cultivo de fungos e leveduras (SOCCOL, 2002; NAIDU; MURTHY, 2010).

A cafeína é encontrada em todas as partes do cafeeiro, porém, com mais abundância nas flores, sementes, folhas e casca (CHAVES et al., 2004). Sfredo (2002) constatou que, nas sementes do fruto torrado da variedade Catuai, o teor de cafeína é em torno de 1,19%. Na casca dos frutos sem torra, o teor de cafeína encontrado foi de 1,3% (YOSHIDA, 2005).

Em doses muito elevadas, a cafeína pode provocar a liberação espontânea de íons cálcio dentro do músculo, desencadeando pequenos tremores involuntários, aumento da pressão arterial e da frequência cardíaca (KALMAR; CAFARELLI, 1999).

A presença dessas substâncias limita o uso deste resíduo como complemento à alimentação animal, fertilizantes e biocomposto. No entanto, por apresentar uma boa quantidade de açúcares fermentáveis, tem sido considerado um substrato apropriado para o cultivo de fungos e leveduras (SOCCOL, 2002; MURTHY; NAIDU, 2010).

O café é uma das bebidas mais consumidas no mundo, sendo que a produção mundial supera os 105 milhões de toneladas por ano. Assim, novos aspectos sobre o uso dos resíduos

provenientes do beneficiamento dos grãos de café têm sido explorados, como a aplicação como aditivos alimentares e suplementos de alto valor nutritivo (MURTHY; NAIDU, 2010).

Na tentativa de conquistar clientes no exterior, o grande paradigma dos tempos atuais passou a ser, juntamente com o aumento da produtividade, a busca da melhoria da qualidade do produto e a preservação ambiental, uma vez que o produto adquire maior valor de mercado com a melhoria da qualidade de bebida e com o uso de técnica na produção que proporcionem maior preservação ambiental (MATOS e Lo MÔNACO, 2003).

2.3. Cascas de café

O café (gênero *Coffea*) é uma planta perene de porte arbustivo, pertencente à família Rubiaceae, produtora de frutos do tipo baga, e tem como produto econômico suas sementes (ABIC, 2011).

O Brasil produziu cerca de 45,3 milhões de sacas de café em 2014, estimativa de produção da safra cafeeira (espécies arábica e conilon), entretanto, para o ano de 2015, espera-se que o país venha colher entre 44,11 e 46,61 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado (CONAB, 2015). A Bahia produziu 2,28 milhões de sacas de café de 60 kg em 2014, o que torna o Estado o quarto produtor nacional de café, sendo liderado por Minas Gerais (22,62 milhões de sacas), Espírito Santo (12,85 milhões de sacas) e São Paulo (4,47 milhões de sacas) (CONAB, 2014).

No processamento via seca, segundo Matos (2008), a casca constitui o primeiro resíduo e representa cerca de 39% da massa fresca ou 29% da massa seca do fruto. A quantidade de resíduos gerados no processo de beneficiamento do café ocorre na proporção de 1:1 em relação à produção, ou seja, a cada safra a quantidade de café beneficiado é igual à quantidade de resíduos gerados pelo seu beneficiamento (BRUM, 2007). Caielli (1984) distingue a fração casca como sendo a polpa, a mucilagem e o pergaminho. De acordo com Rios (2003), o beneficiamento é a operação que tem por finalidade separar dos frutos de café a polpa seca (casca, polpa, pergaminho e película prateada) da semente.

Como na maioria dos resíduos ou subprodutos agroindustriais, a casca de café apresenta uma grande variabilidade na sua composição bromatológica, podendo haver oscilações de 6,8 a 17,3% para proteína bruta (PB); 19,5 a 42,4% para fibra bruta (FB) e 2,3 a 6,0 para extrato etéreo (EE) (TEIXEIRA, 1995).

No entanto, Souza (2002), ao analisar casca de café proveniente de indústrias localizadas no Sul do Estado de Minas Gerais, registrou valores de 11,9% de proteína bruta (PB) e de 50,3% de fibra em detergente neutro (FDN), 12,4% de lignina e de 17,4% de carboidratos solúveis em água. Segundo revisão feita por Ribeiro Filho (1998), ocorre grande diversidade de informações sobre a composição bromatológica da casca de café, apresentadas na Tabela 1.

Tabela1. Médias de teores de nutrientes mínimos e máximos encontrados na literatura da composição bromatológica da casca de café.

Nutrientes (%)	Mínimo	Máximo
MS	84,2	92,8
PB	7,3	11,7
FB	17,7	21,0
FDN	34,5	70
FDA	30,4	55,1
EE	1,4	6,0
ENN	43,0	44,0
MM	6,5	7,8
Celulose	14,7	42
Hemicelulose	4,3	15,4
Cafeína	0,5	1,3
Taninos	1,3	3,0
Lignina	9,3	13,6

Fonte: Ribeiro Filho, 1998

Fialho et al. (1993) determinaram a composição química da casca de café e obtiveram os seguintes valores: 87,9% de matéria seca (MS), 9,4% de proteína bruta (PB), 2,5% de extrato etéreo (EE), 6,5% de matéria mineral (MM), 0,5% de cálcio (Ca), 0,12% de fósforo (P), 1,4% de potássio (K), 0,034% de lisina, 10,3% de metionina + cistina (met + cis), 62,1% de fibra em detergente neutro (FDN), 15,1% de celulose, 9,3% de lignina, 4,3% de hemicelulose, 0,8% de cafeína e 1,6% de taninos. A composição química desse produto apresenta, em média, 90,0% de matéria seca (MS), 8,5% de proteína bruta (PB), 70,7% de

fibra em detergente neutro (FDN), 45,3% de fibra em detergente ácido (FDA), 0,97% cafeína e 2,08% de compostos fenólicos (RIBEIRO FILHO, 2000 *apud* FIGUEIREDO et al., 2008).

Todavia, além da baixa disponibilidade de N e da presença de taninos, a casca de café possui elevado teor de fibra, que, por sua vez, apresenta-se bastante lignificada (TEIXEIRA, 1995; BARCELOS et al., 1997). Essas características contribuem para diminuir a palatabilidade e digestibilidade, reduzindo o consumo e o desempenho animal (SOUZA, 2001).

As diferenças na degradabilidade podem ser atribuídas às diferenças nas características específicas da proteína, à sua acessibilidade, às enzimas digestivas, ou à presença de substâncias antinutricionais. Estas substâncias, em particular os taninos e outros polifenóis, protegem a proteína e a celulose da degradação ruminal (VAN SOEST, 1994).

A ocorrência de grande variação nas análises bromatológicas da casca de café está relacionada com a possível ocorrência do não fracionamento destas cascas, sendo que quanto maior a presença de pergaminho, maior a queda de qualidade nutricional da casca de café (TEIXEIRA, 1999). Souza et al. (2004) acrescentaram que a grande variação encontrada nas análises químicas de casca de café está relacionada também com as cultivares, as condições de cultivo e operações empregadas durante o cultivo.

Considerando os aspectos nutricionais apresentados pelos resíduos oriundos do processamento do café, alguns estudos têm sido conduzidos com vistas à utilização destes resíduos na alimentação animal.

Os primeiros estudos sobre a utilização de resíduos do café na alimentação de ruminantes foram realizados com polpa de café nos países da América Central. Segundo Teixeira (1995), alguns cafeicultores da Região Sul de Minas Gerais incluíam a casca de café na ração concentrada de vacas leiteiras sem nenhum critério ou respaldo científico. Face aos poucos resultados de pesquisas relacionando níveis de inclusão de casca de café na dieta dos animais com seus respectivos efeitos na produção, algumas pesquisas começaram a ser feitas, comprovando a viabilidade do uso deste subproduto na alimentação de ruminantes (BARCELOS et al., (1997); SOUZA et al. (2002 a, b); SOUZA et al. (2003 a, b).

A utilização “*in natura*” de restos de culturas e subprodutos da agroindústria na alimentação animal, em geral, tem como principais limitações os baixos valores de compostos nitrogenados, minerais e energia disponível, além dos elevados teores de compostos fenólicos e lignina, dentre outros. Essas características contribuem para diminuir a aceitabilidade e digestibilidade, reduzindo o consumo e o desempenho animal (GARCIA e NEIVA, 1994; PAIVA, 1992). Na busca pela melhoria os índices produtivos dos rebanhos na época de

escassez de alimento ou reduzir gastos com alimentação dos animais, diversas alternativas têm sido propostas e entre elas, podemos destacar o aproveitamento de resíduos da agroindústria, sendo uma opção promissora tanto nos aspectos econômicos quanto no que tange ao meio ambiente (FERREIRA et al., 1987).

2.4. Uso da casca de café na alimentação de Ruminantes

A casca de café tem sido um dos resíduos agrícolas mais avaliados na alimentação de ruminantes, principalmente por sua disponibilidade nas regiões produtoras (ROCHA et al., 2006). A adição de casca de café, em substituição aos grãos de cereais da ração concentrada de ruminantes ou mesmo de animais monogástricos (OLIVEIRA, 1999; OLIVEIRA, 2001), representa uma possibilidade de reduzir custos com alimentação dos rebanhos (SOUZA et al., 2004).

Oliveira et al. (2007b) avaliaram a substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras e verificaram que níveis de 25 ou 50% de substituição do milho pela casca de café ou pela casca de soja em dietas à base de cana-de-açúcar para vacas com produção de 20kg de leite/dia podem ser utilizados de acordo com a disponibilidade e conveniência econômica.

A casca e a polpa de café têm sido recomendadas e utilizadas na alimentação de ruminantes, até 30% no concentrado de vacas em lactação e 40% no concentrado de novilhos confinados (BARCELOS et al., 2001).

Souza et al. (2002b), ao avaliarem a adição de casca de café (0,0%; 8,75%; 17,5% e 26,25% da MS) em substituição ao milho, na ração concentrada de novilhas Holandês-Zebu, observaram que os consumos dos nutrientes, em kg/dia, exceto extrato etéreo, não foram influenciados pelos níveis de casca de café no concentrado. Entretanto, a adição de casca de café nas dietas reduziu a digestibilidade de MS, MO, FDN, PB, EE e dos carboidratos totais e causou decréscimo linear de 6,94 g/dia no ganho de peso das novilhas por unidade porcentual de casca adicionada.

Pesquisas têm comprovado a viabilidade técnica e econômica do uso da casca de café em regiões com grande disponibilidade desse resíduo. A substituição de até 30% do MDPS (milho desintegrado com palha e sabugo) pela casca de café em rações para novilhos em confinamento não comprometeu o ganho de peso dos animais e ainda reduziu o custo dos

concentrados, o custo diário com alimentação e o benefício diário por animal (BARCELOS, 1997).

Os autores Barcelos et al. (1997a), Barcelos et al. (1997b), Ribeiro Filho (1998) e Vilela (1999) mostraram não haver redução no consumo de MS, à medida que aumentou a quantidade de casca de café no concentrado de novilhos confinados até o nível de 40% (16% na MS da dieta), correspondendo a um consumo de 0,15% de cafeína e 0,33% de taninos provenientes da casca.

A adição de casca de café na ensilagem de capim elefante contendo 17% de MS foi eficiente em reduzir o teor de umidade da silagem; entretanto, a digestibilidade *in vitro* da MS das silagens diminuiu (CARVALHO et al., 2007).

A utilização da casca de café nas rações de novilhos confinados é viável até 40%, não tendo sido observadas diferenças no consumo de rações contendo 0, 20, 40 ou 60% de casca de café, para novilhos em confinamento (BARCELOS et al. 1994).

Souza (2004) observou que a casca de café, resíduo proveniente do beneficiamento do grão de café pelo método de via seca, quando adicionada em até 25% da MS em substituição ao fubá de milho da ração concentrada de ovinos, o que corresponde a 10% de inclusão de casca de café na MS da dieta total, não comprometeu o consumo e a digestibilidade dos nutrientes da dieta, podendo ser utilizada na dieta de animais ruminantes como um alimento alternativo.

Ao estudar o desempenho de ovinos deslanados, Townsend et al. (1998) utilizaram 0,0; 10,0; 20,0 e 30,0% de casca de café em substituição ao capim elefante com 22,0% de MS. A inclusão da casca resultou em maiores ganhos de peso dos animais. Neste estudo não foi detectado nenhum tipo de distúrbio gastrointestinal ou comportamental dos animais que receberam dietas com casca de café. Os autores concluíram que a inclusão da casca até o nível de 30,0% foi viável, proporcionando ganhos de peso satisfatórios (BERNADINO, 2003).

As pesquisas com casca de café revelam ganho médio diário, em ovinos, variando 18,8 a 78,6 g e consumo de matéria seca (MS/kg de $PV^{0,75}$ – peso metabólico que variou de 27,8 a 80,15 g/Kg de $PV^{0,75}$) (JUNIOR, 2003).

Baseados em resultados obtidos em ensaios de degradabilidade ruminal, Teixeira (1999) relatou que, com casca de café melosa, há possibilidade de alcançar melhores resultados, no que diz respeito ao desempenho animal.

Existe ainda uma relação inversa entre a concentração de polpa de café e o desempenho de bovinos em crescimento e engorda, sendo mais acentuada quando esta concentração é superior a 20,0%. Este efeito adverso é consequência de uma diminuição no

consumo voluntário da ração e menor eficiência de utilização do nitrogênio (CABEZAS et al., 1978).

Avaliando diferentes grupos genéticos (Texel x Bergamácia; Texel x Santa Inês e Santa Inês Puros) com três dietas à base de casca de café, Furusho(1995) observou um rendimento de carcaça entre 54% e 57% para os animais mestiços de Texel, superior aos animais Santa Inês nas rações contendo casca de café, não havendo diferenças entre os grupos genéticos com a inclusão da casca do café.

2.5. Tratamentos físicos, químicos e biológicos da casca de café

Geralmente os resíduos agroindustriais apresentam valores elevados de parede celular, composta principalmente de hemicelulose, celulose, lignina e sílica. Esses valores, associados aos baixos teores de proteína bruta e minerais, caracterizam a baixa qualidade nutritiva, limitando a digestibilidade e até mesmo o consumo voluntário desses alimentos pelos animais (SANTOS et al., 2004). Porém, com o surgimento de pesquisas e tecnologias, é possível fazer tratamentos no sentido da melhoria dessas características nutricionais.

Pode-se melhorar a digestibilidade de materiais lignocelulósicos submetendo-os a tratamentos físicos, químicos ou biológicos (SOUZA, 1998).

Os tratamentos físicos mais comuns são: mecânico, térmico ou ação do vapor, elevação da pressão e irradiação. O mecânico (moagem e fragmentação) não melhora a digestibilidade, mas tende a aumentar a ingestão diária (VALLONE, 2009).

Dentre os tratamentos químicos avaliados, principalmente com palhas ou resíduos de culturas e, mais recentemente, com fenos, destacam-se o uso da amônia anidra (NH₃) ou da ureia, processo denominado de amonização (ROSA & FADEL, 2001).

O tratamento químico de alimentos volumosos, ricos em parede celular, visa principalmente à hidrólise de compostos, na qual a lignina está complexada com outros nutrientes, como a fibra e a proteína bruta, melhorando o aproveitamento pelo animal (DOLBERG, 1992).

Dentre os produtos químicos mais utilizados, os reagentes alcalinos têm demonstrado maior eficiência de promover melhora no valor nutricional de resíduos agrícolas (CHANDRA & JACKSON, 1975 apud FIGUEIREDO et al., 2008).

Os tratamentos biológicos têm por base a inoculação com microrganismos (bactérias e fungos basidiomicetos), que atuam sobre o substrato, degradando preferencialmente a lignina, sem provocar perdas consideráveis de celulose e hemicelulose (SCHMIDT et al, 2003).

2.6. Enzimas fibrolíticas exógenas

Alguns pesquisadores têm se dedicado, no sentido de melhorar a digestibilidade dos alimentos volumosos fornecidos aos bovinos, sendo assim, Lewis et al. (1995) demonstraram efeitos de enzimas fibrolíticas na dieta de vacas e verificaram aumento de 1,3 Kg/dia na produção de leite.

A viabilidade técnica e econômica do uso da casca de café em regiões com grande disponibilidade desse resíduo, além do tratamento químico, estudos com o uso de produtos biotecnológicos, como as enzimas fibrolíticas exógenas, têm sido conduzidos com o objetivo de aumentar o valor nutritivo dos alimentos volumosos e palhadas na alimentação de ruminantes (BEAUCHEMIN et al., 2000). Segundo esses autores, a aplicação de enzimas fibrolíticas diretamente no alimento promove a liberação de carboidratos solúveis e remove barreiras estruturais que limitam a digestão dos alimentos pelos microrganismos ruminais. Estudos têm indicado aumento na degradabilidade *in situ* da MS e FDN (LEWIS et al., 1996), quando enzimas fibrolíticas foram adicionadas à dieta de ruminantes.

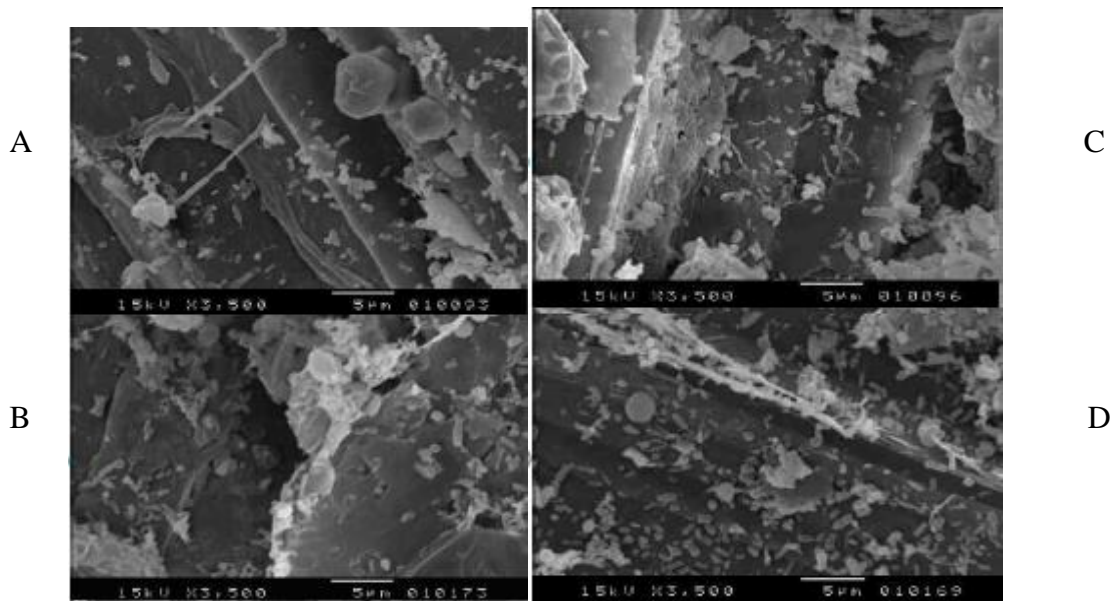
O efeito positivo das enzimas fibrolíticas exógenas (EFE) nas dietas depende de sua estabilidade no alimento (durante e após o processamento) e no rúmen; de sua capacidade em quebrar os polissacarídeos da parede celular da forragem; e da habilidade dos animais em utilizarem eficientemente os produtos oriundos destas reações (BHAT, 2000).

Estudos envolvendo a adição de enzimas em dietas de animais ruminantes e monogástrico, para melhorar a eficiência da produção, veem sendo realizados. As principais enzimas de interesse na atualidade são: celulasas, hemicelulasas, β -glucanase, xilanase e pectinase. Estas enzimas degradam alguns componentes dos cereais e fibras, melhorando o valor nutricional dos alimentos (GALANTE et al., 1998).

Segundo Bhat e Hazlewood (2001), as enzimas endoglucanases hidrolisam sítios aleatórios da cadeia de celulose, produzindo oligômeros de graus variados de polimerização; as exoglucanases hidrolisam terminações não reduzidas, produzindo celobiose; e β -glicosidases liberam glicoses a partir de celobiose e oligossacarídeos de cadeia curta.

Já a fração hemicelulose requer maior diversidade de enzimas para a hidrólise completa a açúcares solúveis. As duas enzimas principais são endoxilanases (xilanases) e endomananases (mananases), que atuam na região interna do polímero. Outras hemicelulases, incluindo β xilosidases, β -manosidases, α -L-arabinofuranosidases, α -D-glicuronidases, α -galactosidases, acetil e fenilesterases, clivam cadeias lineares e substituintes (COUGHLAN e HAZLEWOOD, 1993; BHAT e HAZLEWOOD, 2001).

Com o intuito de observação, a figura 3 demonstra a ruptura da parede celular do resíduo da silagem de milho, em pesquisa realizada por Martins et al. (2008).



Fonte: Martins et al., (2008)

Figura 01. Elétron-micrografias de varredura dos resíduos de degradação *in situ* da silagem de milho sem a adição de enzimas (A e C) e com a adição de enzimas fibrolíticas (B e D). A e B – 6 h de incubação. C e D – 12 h de incubação.

A maioria das preparações comerciais enzimáticas consiste em subprodutos ou extratos fermentativos microbianos (*Bacillus* sp.) ou fúngicos (*Trichoderma* *Aspergillus* sp.), que normalmente produzem três tipos principais de celulases, chamados endocelulases (endoglucanase, endo- β -1,4-glucanase, carboximetil celulase ou β -1,4-glucana-glucanohidrolase), exocelulases (exoglucanase, exo- β -1,4-glucanase, celulase β -1,4-celobiosidase) e β -glicosidases (celobiase ou gluco-hidrolase), tanto como entidades separadas ou na forma de complexos agregados para a hidrólise da celulose (BHAT e BHAT, 1997).

Estudos mostram que enzimas fibrolíticas podem agir diretamente sobre a fibra ou aumentar a degradação da MS e da FDN no rúmen (FENG et al., 1996; HRISTOV et al., 2000). De fato, estas formas de ação estariam interligadas, de modo que as alterações mediadas pelas enzimas antes do consumo refletiriam nas digestões ruminal e pós-ruminal

dos nutrientes (MCALLISTER et al., 2001), gerando um aumento na produção de leite (SCHINGOETHE et al., 1999) ou no ganho de peso dos bovinos (BEAUCHEMIN et al., 1995).

Os efeitos das enzimas são influenciados por diversos fatores, como tipo e dose de enzima da dieta fornecida aos animais, método de aplicação das enzimas, e até mesmo o nível de produtividade animal (BEAUCHEMIN et al., 2003). Dos fatores relacionados à dieta, a eficácia das enzimas fibrolíticas foi mostrada, podendo variar com o tipo de forragem (COLOMBATTO et al., 2003), método de aplicação das enzimas e o componente da dieta a que a enzima é adicionada (BEAUCHEMIN et al., 2003).

A temperatura de aproximadamente 60°C e um pH entre 4 e 5 são as condições ideais para atuação da maioria das enzimas fibrolíticas comerciais (COUGHLAN, 1985).

Já segundo Beauchemin et al. (2003), a temperatura de aproximadamente 40°C e um pH entre 4 e 5 são as condições ideais para a maioria das enzimas comerciais.

O método de aplicação das enzimas fibrolíticas é um fator decisivo para a ação das mesmas, daí a necessidade de determinar se as enzimas fibrolíticas são mais efetivas quando adicionadas diretamente na forragem, no concentrado ou na mistura total da ração (YANG et al., 1999).

A aplicação das Enzimas Fibrolíticas Exógenas (EFE) diretamente nos alimentos leva ao aumento de sua adsorção ao substrato (maior ligação entre a enzima e o alimento), o que aumenta a resistência das enzimas à degradação proteica, e prolonga sua viabilidade no ambiente ruminal (BEAUCHEMIN et al., 2003).

As EFE são frequentemente aplicadas em baixas concentrações, por volta de 0,5 a 2g/kg de MS da dieta total (BEAUCHEMIN et al., 2003), variando em função das características específicas do produto, sobretudo, em relação à concentração e ao tipo de atividade das enzimas nele contidas.

A adição de EFE em subdosagens não produz resultados positivos sobre a digestibilidade da fibra. Por outro lado, as superdosagens, além de aumentar os custos de produção, podem competir com microrganismos pelos mesmos locais de adesão aos substratos, ou conduzir à liberação de fatores antinutricionais tóxicos no trato digestivo (BRITO, 2010).

Segundo Yang et al. (2000), as enzimas fibrolíticas, quando aplicadas diretamente no concentrado da dieta para vacas, no início de lactação, proporcionaram aumentos na produção de leite em razão do incremento da digestibilidade de nutriente no trato digestivo total. No

entanto, quando estas enzimas eram misturadas diretamente na ração de mistura total, não havia aumento na produção de leite, apesar de aumentar a digestibilidade.

Sutton et al. (2003), avaliando diferentes formas de aplicação de enzimas fibrolíticas, pulverizando-as na ração de mistura total e no concentrado uma hora antes do fornecimento, ou através de infusão ruminal, constataram que o melhor tratamento ocorreu quando se aplicava as enzimas sobre a mistura total da ração. Contudo, os três métodos de aplicação apresentaram resultados semelhantes quanto à fermentação e cinética ruminal.

Michal et al. (1996) realizaram a aplicação direta de enzimas fibrolíticas em feno de alfafa, momentos antes de ofertar aos animais, e propuseram como uma forma viável a utilização deste método como modo de aplicação.

Em dietas contendo 55% de concentrado, 30% de silagem de milho e 15% de feno de alfafa, a aplicação das enzimas fibrolíticas celulase e xilanase também não se mostraram eficiente no incremento da produção de leite e ingestão de MS em vacas leiteiras (KUNG JR. et al., 2002).

De acordo com Wallace e Hartnell (2001), é mais fácil misturar pequenas quantidades da preparação enzimática em condições experimentais do que grandes quantidades, normalmente usadas em fazendas. Os autores sugerem que a efetividade dos aditivos enzimáticos seria dependente de seu local de ação, se a eficiência desses aditivos dependesse ou do manejo pré-alimentar ou de parâmetros ruminais; poderia, no primeiro caso, haver a necessidade de distribuição homogênea no alimento antes do consumo; já no segundo caso, o procedimento não teria necessidade de ser feito de forma criteriosa, já que o processo de digestão a nível de rúmen se encarregaria disso.

Entretanto, Loures et al. (2005) relataram que a aplicação de 150 g da preparação enzimática foi diluída em 500 L de água destilada e, dessa solução, foram aplicados 10 L por tonelada de silagem, minutos antes do fornecimento da ração, proporcionando os melhores resultados sobre a digestibilidade da fração fibrosa, indicando que, talvez essa forma de aplicação seja o método mais adequado para garantir maior efetividade das enzimas fibrolíticas.

Yang et al. (2000) concluíram que a adição de 5,9 e 6,9 U/kg de matéria seca de alimento, de xilanase e celulase, respectivamente, melhoram a produção de leite e a digestibilidade da fibra alimentar.

Barcelos et al. (2001) avaliaram as diferentes frações de carboidratos da casca de café integral, determinando que a fração B₂, degradação lenta (parede celular disponível) está presente na quantidade de aproximadamente 66% da casca e a fração C, não degradável

(parede celular indisponível), com uma participação de 24% dos carboidratos totais. Os autores, avaliando três cultivares, concluíram que a casca é um material com alta proporção de carboidratos indisponíveis para ruminantes, o que pode limitar o seu uso em grandes quantidades na dieta destes animais. Dentro das cultivares, a cultivar Mundo Novo apresentou maior teor de carboidratos de degradação lenta (B2) e menor teor de carboidratos rapidamente degradáveis no rúmen, que as cultivares Catuaí e Rubi.

O uso de enzimas para melhoria de alimentos volumosos, ricos em parede celular, nos quais os compostos hidrolisados à lignina estão complexados a outros nutrientes, como a fibra e a proteína bruta, acarretaria a melhora do aproveitamento do alimento pelo animal (DOLBERG, 1992).

Por conseguinte, a utilização de enzimas pode melhorar a digestibilidade da fração fibrosa e o conhecimento adequado dos alimentos utilizados na ração é muito útil, pois pode fornecer subsídios que possam levar à utilização de ingredientes anteriormente considerados deletérios, de uma forma benéfica, objetivando alcançar eficiência produtiva (VALLONE et al., 2009).

3. JUSTIFICATIVA E OBJETIVOS

3.1. Justificativa

Desde o ano de 2000, o Programa das Nações Unidas para o Desenvolvimento, estabeleceu metas para resolução de problemas mundiais como o da poluição ambiental, culminando 8 objetivos de Desenvolvimento do Milênio (ODM). Em 2012, na Conferência das Nações Unidas sobre Desenvolvimento Sustentável, foram reiteradas essas metas e em substituição aos ODM surgiu uma Declaração com 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), garantindo disponibilidade de manejo e assegurando padrões de produção sustentável a serem alcançadas até 2030 (IPEA, 2014). Para se ter um melhor gerenciamento dos recursos sólidos e hídricos, faz-se necessário a participação de todos os seguimentos, incluindo governos, sociedade civil, setor privado, academia, mídia e Nações Unidas.

Nesse contexto, os resíduos da agroindústria podem assumir importante papel na alimentação dos ruminantes, principalmente em situações em que a disponibilidade natural de forragens nas pastagens é baixa e as reservas de forragens conservadas são insuficientes para atender às necessidades dos rebanhos, sendo necessário formular misturas múltiplas para animais em pastejo. A disponibilidade, valor nutritivo e o volume produzido, além do custo do resíduo, permitem sua inclusão em concentrados, substituindo parcialmente os alimentos nobres comumente utilizados (SOUZA et al., 2004)

A utilização dessas alternativas na alimentação de ruminantes pode constituir uma solução para algumas ameaças de poluição ambiental, visto que a maioria destes são armazenados de forma errônea ou eliminados de maneira inadequada (CHAVES et al., 2014). O processamento do café gera grandes quantidades de resíduos sólidos (casca ou polpa, dependendo do processo), sendo que a casca constitui aproximadamente 50% do fruto seco colhido (BARTHOLO et al., 1989) e quando dispensados no meio ambiente sem tratamento podem causar efeitos deletérios no solo, além de comprometer a qualidade da água (MATOS et al., 2007; MATOS; MAGALHÃES; FUKUNAGA, 2006; RIGUEIRA et al., 2010).

Na sua composição química, são apontados compostos fenólicos e grupos mais complexos, tais como: taninos, cafeína e polifenóis, fazendo com que a sua digestibilidade seja baixa. Sabe-se que estes grupamentos fenólicos provocam danos oxidativos nos alvos celulares (DNA, lipídios, proteínas) (KAWANISHI, 2001). A casca de café pode também ser

empregada na alimentação de ruminantes, misturada ao concentrado ou ser utilizada como adubo, aproveitando-a diretamente nas lavouras cafeeiras (EMBRAPA,2006).

Apresentam diversas funções para as plantas, não somente contra agentes do meio ambiente (luz, temperatura e umidade), mas para fatores internos incluindo diferenças genéticas, nutrientes, hormônios, contribuindo para a sua síntese (DEGASPARI, 2004).

Com a disseminação do uso de enzimas fibrolíticas para a produção de álcool de segunda geração, o custo destes insumos tem se reduzido, viabilizando a possibilidade do seu uso em tratamentos dos resíduos agrícolas usados na alimentação animal.

Dessa forma, diante do volume de casca de café disponível e da necessidade de informações racionais deste resíduo na alimentação de ruminantes, justifica-se o presente trabalho de pesquisa, que objetiva avaliar o efeito de doses crescentes de enzimas celulolíticas e hemicelulolíticas sobre os nutrientes deste subproduto.

3.2. Objetivos

3.2.1. Objetivo Geral:

Aproveitamento do resíduo casca de café através do tratamento com enzimas fibrolíticas, levando a diminuição da poluição ambiental e contribuindo para alimentação animal.

3.2.2. Objetivos Específicos:

- Determinar a composição bromatológica do resíduo de casca de café não tratado e tratado com enzimas fibrolíticas exógenas.
- Determinar a degradabilidade ruminal da casca de café não tratado e tratada com doses crescentes de enzimas fibrolíticas, assim como a dinâmica do seu processo fermentativo *in vitro*.
- Avaliar a utilização da casca de café como uma alternativa viável na alimentação de ruminantes.

3.3. Hipótese

- As enzimas fibrolíticas maximizarão o potencial nutritivo da casca de café e trará eficácia no aumento da degradabilidade ruminal.

3. REFERÊNCIAS

- ALVES, M.C.S., MEDEIROS FILHO, S., INNECCO, R. & TORRES, S.B. 2004. Alelopatia de extratos voláteis na germinação de sementes e no comprimento da raiz de alface. **Pesquisa Agropecuária Brasileira** 39: 1083-1086.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. **Aspectos das atividades agropecuária e extração vegetal**. v.60, seção 3, p.1-46, Rio de Janeiro, 2000.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE CAFÉ – ABIC. História. Disponível em: <<http://www.abic.com.br/publique/cgi/cgilua.exe/sys/start.htm?sid=38>>. Acesso em: 23/03/2015.
- BADOCHA, T. E.; COSTA, R. S. C.; LEONIDAS, F. C. Casca de Café: um importante insumo para a agricultura orgânica. In: Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, 3., 2003, Porto Seguro- BA. **Anais** do III Simpósio de Pesquisa dos Cafés do Brasil, Porto Seguro, 2003.
- BARCELOS, A. F. et al. Fatores Antinutricionais da Casca e da Polpa Desidratada de Café (*Coffea arabica L.*) Armazenadas em Diferentes Períodos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, jul./ ago. 2001.
- BARCELOS, A.F. et al. Aproveitamento da casca de café na alimentação de novilhos confinados – resultados do primeiro ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1208-1214, 1997.
- BARCELOS, A.F. et al. Von. Aproveitamento da casca de café na alimentação de novilhos confinados. I - Resultados do primeiro ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1208-1214, 1997a 26(6):1208-1214.
- BARCELOS, A.F. et al. Aproveitamento da casca de café na alimentação de novilhos confinados. I - Resultados do segundo ano. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.26, n.6, p.1215-1221, 1997b.
- BARCELOS, A. F et al. Aproveitamento da casca de café na alimentação de novilhos confinados - resultados do 2º ano. 4p.Epamig. (**Circular Técnica 34**). Lavras, 1994.
- BARTHOLO, G. F. et al. Cuidados na colheita, no preparo e no armazenamento do café. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 14, n. 162, p. 33-44, 1989.

BEAUCHEMIN, K.A.; COLOMBATTO, D.; MORGAVI, D.P. et al. Use of exogenous fibrolytic enzymes to improve feed utilization by ruminants. **Journal of Animal Science**, v.81, supl.2, p.E37-E47, 2003.

BEAUCHEMIN, K.A. et al. Enzymes and direct fed microbials in diets dairy cows, 2000. **In: Proceedings of the Tristate Nutrition Conference**, p.10, 2000.

BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M.; SEWALT, J.H. Fibrolytic enzymes increase fiber digestibility and growth rate of steers fed dry forages. **Canadian Journal of Animal Science**, v.75, p.641-644, 1995.

BERNARDINO, F. M.S. **Produção e composição do efluente e valor nutritivo da silagem de capim-elefante com diferentes níveis de casca de café**.2003.42f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG.

BHAT, M.K.; HAZLEWOOD, G.P. Enzymology and other characteristics of cellulases and xylanases. In: BEDFORD, M.; PARTRIDGE, G.G. **Enzymes in farm animal nutrition**. Ed. CABI Publishing, Oxon, UK.P.11-60, 2001.

BHAT, 2000 Cellulases and related enzymes in biotechnology. **Biotechnology Advances**, v. 18, p. 355-383, 2000.

BHAT, M.K.; BHAT, S. Cellulose degrading enzymes and their potential industrial applications. **Biotechnology Advances**, v.15, p.583-620, 1997.

BRASIL, Ministério do Meio Ambiente. **Resolução no 358 de 29 de abril de 2005**. Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA, 2005. Diário Oficial da União. Brasília, 04 de maio de 2005.

BRITO, F.O. **Níveis de complexo enzimático em dietas para ruminantes**. 2010. 84f.Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos/Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2010.

BRUM, S. S. **Caracterização e modificação química de resíduos sólidos do beneficiamento do café para produção de novos materiais**. Lavras: UFLA, 2007. 138p.

CABEZAS, M.T.; FLORES, A.; EGAÑA, J.I. Uso de Pulpa de Café em la Alimentación de Rumiantes. **In: BRAHAM, J. E.; BRESSANI, R. (Ed.) Pulpa de café**. Bogotá: IDRC, p.45-67, 1978.

CAIELLI, E. L. Uso da palha de café na alimentação de ruminantes. **Informe Agropecuário**, p.36-38,1984.

CARVALHO, G.G.P.et al. Valor nutritivo e características fermentativas de silagens de capim-elefante com adição de casca de café. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, v.36, n.6, p.1875-1881, Nov./Dez. 2007.

CHAVES, B.W. Utilização de Resíduos Industriais na Dieta de Bovinos Leiteiros. Revista do Centro do Ciências Naturais e Exatas - UFSM, Santa Maria. **Revista Eletrônica em Gestão**,

Educação e Tecnologia Ambiental – REGET, e-ISSN 2236 1170 - v. 18. Ed. Especial Mai. 2014, p. 150-156.

CHAVES, J. C. D.; MIYAZAWA, M.; BLOCH, M. F. M.; YAMAKAMI, J. K. Estimativa do teor de cafeína nas sementes de café baseada na sua concentração nas folhas de mudas e de plantas adultas. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 26, n. 3, p. 287-292, 2004.

CHESSON, A., FORSBERG, C.W. 1988. Polysaccharide degradation by rumen microorganisms. In: HOBSON, P.N. (Ed.) The rumen microbial ecosystem. London: **Elsevier Applied Science**. p.251-284.

CHESSON, A., STEWART, C.S., WALLACE, R.J. 1982. Influence of plant phenolic acids on growth and cellulolytic activity of rumen bacteria. **Applied Environmental Microbiology**, 44(3):597-603.

CHOU, C. H.; KUO, Y. L. Allelopathic research of subtropical vegetation in Taiwan. III. Allelopathic exclusion of understory by *Leucaena leucocephala* (Lam.) de Wit. **Journal of Chemical Ecology**, New York, v. 12, n. 6, p. 1431-1448, 1986.

COLOMBATTO, D.; MOULD, F. L., BHAT, M.K.; OWEN. Use of fibrolytic enzymes to improve the nutritive value of ruminant diets. A biochemical and in vitro rumen degradation assessment. **Animal Feed Science and Technology**, v.107, p. 201-209, 2003.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café** – v. 1, n. 3 (2014-). ISSN: 2318-7913 – Terceiro Levantamento, Brasília, p. 1-59, set. de 2014. Disponível em: <<http://www.sapc.embrapa.br/arquivos/consorcio/levantamento/2014-levantamento-de-safra-3.pdf>>. Acesso em 18/03/2015.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO- CONAB. **Acompanhamento da safra brasileira de café, safra 2015** – v. 1, n. 3. ISSN: 2318-7913 – Primeiro Levantamento, Brasília, p. 1-41, Jan. de 2015. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_01_14_11_57_33_boletim_cafe_janeiro_2015.pdf>. Acesso em: 18/03/2015.

COSTA, R. S. C., LEÔNIDAS, F. C., RODRIGUES, V. G. S. & SAN-TOS, J. C. F. 2007. In: EMBRAPA RONDÔNIA: **Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do café**. Disponível em: <http://www.cpafrro.embrapa.br/embrapa/Artigos/casca_cafe.htm>. Acesso em: 20 setembro de 2015.

COUGHLAN, M.P.; HAZLEWOOD, G.P. β -1,4-D-Xylan-degrading enzyme systems: biochemistry, molecular biology and applications. **Biotechnology and Applied Biochemistry**, v.17, p.259-289, 1993.

COUGHLAN, M.P. The properties of fungal and bacterial cellulases with comment on their production and application. **Biotechnology and Genetic Engineering Reviews**, v.3, p.39-109, 1985.

CRITTENDEN, B.; KOLACZKOWSKI, S. **Waste minimization: a practical guide**. England: IChemE, 1995. 81 p.

DAWSON, K.A., ALLISON, M.J. Digestive disorders and nutritional toxicity. In: HOBSON, P.N. (Ed.) The rumen microbial ecosystem. London: **Elsevier Applied Science**, 1988. p.445-459.

DEGÁSPARI, C.H.; WASZCZYNSKYJ, N. Propriedades antioxidantes de compostos fenólicos. **Visão Acadêmica**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 33-40, Jan.- Jun./2004.

DOLBERG, F. Progressos na utilização de resíduos de culturas tratadas com uréia - amônia. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1., 1992, Lavras. **Anais...** Lavras: Sociedade Brasileira de Zootecnia, 1992. p. 322-337.

EMBRAPA AGROBIOLOGIA. **Cultivo do Café Orgânico**. Sistemas de Produção, 2 - 2ª Edição. ISSN 1806-2830 Versão Eletrônica. Dez./2006. Disponível em: <http://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Cafe/CafeOrganico_2ed/poscolheita.htm>. Acesso em: 18/03/2015.

FENG, P. et al. Effect of enzyme preparations on in situ and in vivo additives degradation and in vivo digestive characteristics of mature cool-season grass in beef steers. **Journal of Animal Science**, v.74, p.1349-1357, 1996.

FERREIRA, J.J., SALGADO, J.G.J., MARQUES NETO, J. Terminação de bovinos em confinamento: maior produtividade e abastecimento de carne. **Informe Agropecuário**, v.13, n.153/154, p.83-87, 1987.

FIALHO, E.T., J. A. F. Lima & A. I. G. Oliveira. Utilization of coffee hulls in diets of growing and finishing pigs. **Journal of Animal Science**, Champaign, 71 (suppl. 1), 164, abstr. 297, 1993.

FIGUEIREDO, M.P.; LOPES, I.O.; SOUZA, F.G. Parâmetros cinéticos da degradação ruminal da casca de café (*Coffea arabica*, L.) tratada com hidróxido de sódio (NaOH). **Ciência Animal Brasileira**, Maringá, v. 9, n. 1, p. 23-29, jan./mar. 2008.

FURUSHO, I. F. **Efeito da utilização da casca de café, “in natura” e tratada com uréia, sobre o desempenho e características de carcaça de cordeiros terminados em confinamento**. 1995. 65f. Dissertação de Mestrado – Universidade Federal de Viçosa-Viçosa-MG.

GALANTE Y.M. et al. Application of Trichoderma enzymes in food and feed industries. **In: Harman G.F; Kubicek C.P, editors**. Trichoderma&Gliocladium. Enzymes, biological control and commercial applications. vol. 2. London: Taylor & Francis, p. 327-42, 1998.

GARCIA, R., NEIVA, J.N. Utilização da amonização na melhoria da qualidade de volumosos para ruminantes. In: SIMPÓSIO NORDESTINO DE ALIMENTAÇÃO DE RUMINANTES, 5, **Anais...** p.41-61, Salvador: Bureau, 1994.

HRISTOV, A.N.; McALLISTER, T.A.; CHENG, K.J. Intra-ruminal supplementation with increasing levels of exogenous polysaccharide-degrading enzymes: effects on nutrient digestion in cattle feed barley grain diets. **Journal of Animal Science**, v.78, p.477-487, 2000.

IPEA. **Objetivos de Desenvolvimento do Milênio**: Relatório Nacional de Acompanhamento / Coordenação: Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada e Secretaria de Planejamento e Investimentos Estratégicos; supervisão: Grupo Técnico para o acompanhamento dos ODM - Brasília: Ipea: MP, SPI, 2014. 208 p.

JUNG, H.G., FAHEY, G.C., GARST, J.E. 1983. Simple phenolic monomers of forage and effects of *in vitro* fermentation on cell wall phenolics. **Journal of Animal Science**, 57(5):1294-1305.

JUNG, H.G. 1985. Inhibition of structural carbohydrate fermentation by forage phenolics. **J. Sci. Food Agric.**, 36(2):74-80.

JUNIOR, A. S. **Substituição Parcial do farelo de soja e milho por farelo de babaçu na terminação de ovinos**. 2003. 58f. Dissertação (mestrado – Ciência Animal) – Universidade Federal do Piauí, 2003.

KALMAR, J. M.; CAFARELLI, E. Effects of caffeine on neuromuscular function. **Journal Applied Physiology**, v. 87, n. 2, p. 801–808, 1999.

Kawanishi, S.; Hiraku, Y.; Oikawa, S. Mechanism of guanine-specific DNA damage by oxidative stress and its role in carcinogenesis and aging. **Mutation Research**, v. 488, p. 65-76, 2001.

KUNG JR., L.; COHEN, M.A.; RODE, L.M. et al. The effect of fibrolytic enzymes sprayed on to forages and fed in a total mixed ratio to lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.85,p.2396-2402, 2002.

LEWIS, G.E. et al. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage based diet fed to beef steers. **Journal of Animal Science**, v.74, n.3, p.3020-3028, 1996.

LEWIS, G.E. et al. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on lactational performance of midlactation Holstein cows. **In: Proceedings of Western Section American Society. Animal Science**. 46:310, 1995.

LIMA, J. L. E. **Avaliação do potencial de uso de resíduos de café como filtros para tratamento de água residuária da cafeicultura**. 92f. (Dissertação Mestrado) Centro Universitário Caratinga. Minas Gerais. 2006

LOEHR, R.C. **Pollution control for agriculture**. New York: Academic Press, 1984. 467p.

LOURES, D.R.S.; NUSSIO, L.G.; PAZIANI, S.F. et al. Efeito de enzimas fibrolíticas e do teor de matéria seca em silagens de capim-tanzânia sobre os parâmetros ruminais, o comportamento ingestivo e a digestão de nutrientes, em bovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.34, n.3, p.736-745, 2005.

MATIELLO, J.B. **O café: do cultivo ao consumo**. São Paulo: Globo, 1991.320 p. (Coleção do agricultor grãos).

MATOS, A.T. **Fatores de retardamento e coeficiente de dispersão – difusão do zinco, cádmio, cobre e chumbo em solos do município de Viçosa – MG.** Dissertação (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa – MG, 1995. 110f.

MATOS, A. T. Tratamento de Resíduos na Pós-Colheita do Café. **In: Pós-Colheita do Café** – Lavras (MG), Editora UFLA. 1ª ed. p.631, 2008.

MATOS, A. T. et al. Tratamento da água para reuso no descascamento/despolpa dos frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 15, n. 2, p. 173-178, abr./jun. 2007.

MATOS, A. T.; MAGALHÃES, M.; FUKUNAGA, F. Remoção de sólidos em suspensão na água residuária da despolpa de frutos do cafeeiro em filtros constituídos por pergaminho de grãos de café submetido a compressões. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 26, n. 2, p. 610-616, maio/ago. 2006.

MATOS, A.T.; LO MÔNACO, P.A. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro.** (Engenharia na Agricultura. Boletim técnico, 7). Viçosa: UFV, 2003. 68p.

MATOS, A. T.; LO MONACO, P. A. **Tratamento e aproveitamento agrícola de resíduos sólidos e líquidos da lavagem e despolpa dos frutos do cafeeiro.** Viçosa, MG: UFV, 2003. 68 p. (Engenharia na agricultura. Boletim técnico, 7).

MAY, Dayane, OLIVEIRA, Cíntia M. R., ROCHA, Ledyane D. e MARANHÃO, Leila T.: **Efeito da casca de café na germinação e crescimento de pepino.** R. bras. Bioci. Porto Alegre, v. 9, n. 2, p. 180-186, abr./jun. 2011.

McALLISTER, T.A. et al. Enzymes in ruminant diets. **In: BEDFORD, M, R.; PARTRIDGE, G.G. Enzymes in farm animal nutrition.** Oxon: Cab International, cap.11, p.273-298, 2001.

MICHAL, J.J.; JOHNSON, K.A.; TREACHER, R.J. et al. The impact of direct-fed fibrolytic enzymes on the growth rate and feed efficiency of growing beef steers and heifers. **Journal of Animal Science**, v.74, supl.1, p.296, Abst.757, 1996.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE (MMA). **Agricultura Sustentável.** Brasília: MMA, 2000, 57p.

MIRANDA,R, V. M. et al. Avaliação da ação alelopática de resíduos do beneficiamento de *Coffea arabica L.* Na germinação de sementes *lactuca sativa l.* **Artigo** apresentado à 5ª Jornada Científica e Tecnológica e 2º Simpósio de Pós-Graduação do IFSULDEMINAS, novembro de 2013, Inconfidentes/MG.

MOREIRA, Roberto José. Cultura, política e o mundo rural na contemporaneidade. **In: Estudos Sociedade e Agricultura.** 20, abril 2003: 113-143.

MOREIRA, R.J. **Agricultura familiar: processos sociais e competitividade.** Rio de Janeiro: Mauad, UFRRJ/CPDA, 1999b.

NAIDU, M. M.; MURTHY, P. S. **Recovery of phenolic antioxidants and functional compounds from coffee industry by-products.** Food Bioprocess Technol. Original paper, Volume 5, p 897-903 2010.

OLIVEIRA, A.S. et al. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.36, p.1172-1182, 2007b.

OLIVEIRA, S.L. **Avaliação da casca de café melosa em rações para suínos em terminação.** 2001. 74f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras- MG, 2001.

OLIVEIRA, V. **Casca de café em rações isso energéticas para suínos em crescimento e terminação.** 1999. 61f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG ,1999.

ORGANIZAÇÃO NÃO GOVERNAMENTAL BANCO DE ALIMENTOS. Disponível em:<http://www.bancodealimentos.org.br/porque/dados_fome.htm>. Acesso em: 17 de Maio de 2014.

ØRSKOV, E.R. 1992. **Protein nutrition in ruminants.** 2. ed. London: Academic Press. 175p.

PAIVA, J.A.J. **Níveis de amônia anidra, períodos de amonização e de aeração sobre a composição químico - bromatológica e a degradabilidade “in situ” da palhada de milho (zeamays L.).** 1992, 162f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa- MG,1992.

PELIZER, L. H.; PONTIRRI, M. H.; MORAES, I. O. Utilização de resíduos agro-industriais em processos biotecnológicos como perspectiva de redução do impacto ambiental. **Journal of Technology Management e Innovation**, Chile, v.2, n.1, p.118-127, 2007.

PIRES; R.M.O.¹, FRANÇA; A.C., NERY; M.C., SILVA; L.H.M.C., SANTOS, S.R., REIS, R.R.F., REIS, L.A.C: **Potencial Alelopático de casca de Café no crescimento de Plantas.** XXVII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas 19 a 23 de julho de 2010 - Centro de Convenções - Ribeirão Preto – SP

PULIDO, A. S; RIZK, M.C. **Diagnóstico ambiental em uma indústria de café.** Estudos Tecnológicos em Engenharia, vol. 8, N. 1, p. 28-34, jan/jun 2012.

RAMIREZ, J. 1987. **Compuestos fenólicos em lapulpa de café. Cromatografia de papel de pulpa fresca de 12 cultivares de Coffea arabica L.** Turrialba, 37(4):p.317-323.

REIGOSA, M. J., SÁNCHEZ-MOREIRAS, A. & GONZÁLEZ, L. 1999. Ecophysiological approach in allelopathy. **Critical Reviews in Plant Sciences**, 18(5): 577 - 608.

RIBEIRO, B.B. **Parâmetros qualitativos do café cereja descascado, natural e desmucilado.** Trabalho de conclusão de curso. Curso Superior de Tecnologia em Cafeicultura. Instituto federal de educação, ciência e tecnologia do sul de minas gerais. Muzambinho, 2009.

RIBEIRO FILHO, E.; PAIVA, P. C. A.; BARCELOS, A. F. et al. Efeito da casca de café (*Coffea arabica*, L.) no desempenho de novilhos mestiços de holandês-zebu na fase de recria. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 24, n. 1, p. 225-232, 2000.

RIBEIRO FILHO, E. **Degradabilidade in situ da matéria seca, proteína bruta e da fibra em detergente neutro da casca de café e desempenho de novilhos mestiços em fase de recria**. Lavras: UFLA, 1998. 55f. (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras.

RIGUEIRA, R. J. A. et al. Alteração nas características físicas, químicas e bioquímicas da água no processo de lavagem, despolpa e desmucilagem de frutos do cafeeiro. **Engenharia na Agricultura**, Viçosa, v. 18, n. 2, p. 131-139, mar./abr. 2010.

RIOS, J. N. G. Certificação de Origem e Qualidade de Café: Produção Integrada de café. Laércio Zambolim, editor – Viçosa: UFV; DFP 2003, p 509 -548: il. **Trabalhos apresentados** no 5º Encontro sobre Produção de Café com Qualidade, realizado na UFV.

ROCHA, F.C. et al. Casca de café em dietas para vacas em lactação: consumo, digestibilidade, produção e composição de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**. Viçosa, vol.35, n.5, p.2163-2171, Sept./Oct. 2006.

ROSA, B. &FADEL, R. Uso de amônia anidra e de uréia para melhorar o valor alimentício de forragens conservadas. P.41 –63.**Anais** do Simpósio Sobre Produção e Utilizaçãde Forragens Conservadas / Editores Clóves Cabreira Jobim, Ulysses Cecato, Júlio César Damasceno e Geraldo Tadeu dos Santos. Maringá : UEM/CCA/DZO, 2001. 319P.

ROSA, M. F.; SOUZA, F. M S. M.; FIGUEIREDO, M. C. B.; MORAIS, J. P. S.; SANTAELLA, S.T.; LEITÃO, R.C. Valorização de resíduos da agroindústria. In: II Simpósio Internacional sobre Gerenciamento de Resíduos Agropecuários e Agroindustriais, 2. 2011. Foz do Iguaçu. **Palestras...Foz d Iguaçu: II SIEGRA**, 2011, p.98-105.

SANTOS, J. C. F. 2006. **In: AGRONLINE**: Cobertura morta na lavoura de café. Disponível em: Acesso em 10 de Setembro de 2015.

SANTOS, L. Utilização de Resíduos Agroindustriais para produção de Amiloglucosidase por *Aspergillus awamori*. In:**Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**. v. 06, n. 01: p. 655-664, 2012.

SANTOS, J.; CASTRO, A.L.A.; PAIVA, P.C.A. Efeito dos tratamentos físicos e químicos no resíduo de lixadeira do algodão. **Revista de Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, MG, v. 28, n. 4, p. 919-923, jul./ago. 2004.

SANTOS, J.H., MATOS, A.T. Contaminação do solo em áreas de depósito de cascas de frutos de cafeeiro. I SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL. v.2.**Anais...** Poços de Caldas, Brasília, 2000, p.981-984.

SARIEGO, J. C. L. 2003. Fatores bióticos: as relações ecológicas. Acesso em 28 set. 2015.

SCHINGOETHE, D.J.; STEGEMAN, G.A.; TREACHER, R.J. Response of lactating dairy cows to a cellulase and xylanase enzyme mixture applied to forages at time of feeding. **Journal of Dairy Science**, v.82, n.5, p.996-1003, 1999.

SCHMIDT, P.; WECHSLER, F.S.; NASCIMENTO, J.S.; VARGAS JUNIOR, F.M. Tratamento de feno de braquiária pelo fungo *Pleurotusostreatus*. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.32, n.6, p.1866-1871, 2003.

SEBRAE. **Boletim Setorial do Agronegócio**: Café. Recife, agosto de 2011.

SFREDO, M. A. **Secagem de Café para Obtenção de Bebidas Finas** S. 2002. 197 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2002.

SILVA, Devanildo Braz da. Sustentabilidade no Agronegócio: dimensões econômica, social e ambiental. **Comunicação & Mercado/UNIGRAN** - Dourados - MS, vol. 01, n. 03, p. 23-34, jul-dez 2012.

SILVA, J. V. H., BITTAR, A. P., SERRA, J. C. V., JUNIOR, J. C. Z. Diagnóstico do reaproveitamento de resíduos com potencial energético no município de Palmas-TO. **Engenharia Ambiental**, v.8, n.2, p.226-233, 2011.

SOCOL, C. R., Resíduo de café: um substrato promissor para a produção industrial de bioprodutos com alto valor agregado. In: **EMBRAPA-CAFÉ. (Org.). I SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL**. 1 ed. BRASÍLIA: EMBRAPA, v. 1, p. 83-98, 2002.

SOUZA, A.L. Casca de café em dietas de vacas em lactação: consumo, digestibilidade e produção de leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, vol.34 no.6 suppl.0 Viçosa Nov./Dec. 2005.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S.; ROCHA, F.C.; VALADARES FILHO, S. de C.; PEREIRA, O.G.; PIRES, J.V. Casca de café em dietas de carneiros: consumo e digestibilidade. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 33, n. 6, p. 2170-2176, 2004.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; ROCHA, F.C. et al. Casca de café em dietas de vacas: consumo e produção de leite. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003a. CD ROM.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S. et al. Digestibilidade de dietas com diferentes níveis de casca de café fornecidas para vacas em lactação. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003, Santa Maria. **Anais...** Santa Maria: SBZ, 2003b. CD ROM.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S. et al. Casca de café em dietas de ovinos: consumo e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002a. CD ROM.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; BERNARDINO, F.S. et al. Casca de café em dietas de novilhas: consumo e digestibilidade. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002b. CD ROM.

SOUZA, A.L.; GARCIA, R.; PEREIRA, O.G. et al. Valor nutritivo da casca de café tratada com amônia anidra. **Revista Ceres**, v.49, n.286, p.669-681, 2002.

SOUZA, A. L. et al. Composição Químico -Bromatológica da Casca de Café Tratada com Amônia Anidra e Sulfeto de Sódio. **Rev. Bras. Zootec.** v.30 n.3 suppl.1 Viçosa May/June 2001.

SOUZA, O. Tratamento de subprodutos e resíduos lignocelulósicos com uréia na alimentação de ruminantes. In: CONGRESSO NORDESTINO DE PRODUÇÃO ANIMAL, 1., 1998, Fortaleza. **Anais...** Fortaleza: Sociedade Nordestina de Produção Animal, 1998. p. 195-213.

SUTTON, J.D.; PHIPPS, R.H.; BEEVER, D.E. et al. Effect of method of application of a fibrolytic enzyme product on digestive process and milk production in Holstein-Friesian cows. **Journal of Dairy Science**, v.86, p.546-556, 2003.

TEIXEIRA, M.N.M. **Determinação da degradabilidade in situ das diferentes frações da casca de três cultivares de café (*Coffea arabica* L.)**. 1999. 44 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

TEIXEIRA, J.L. Utilização de resíduos culturais e de Beneficiamento na utilização de bovinos. In: **SIMPÓSIO SOBRE NUTRIÇÃO DE BOVINOS**, 6, 1995, Piracicaba, Anais... Piracicaba: FEALQ, 1995, p.123-152. Disponível em: <www.abic.com.br/estat_pagricola.html>. Acesso em: 10/08/2014.

TIMOFIECSYK, F.R. and PAWLOWSKY, U., 2000. **Minimização de Resíduos na Indústria de Alimentos: Revisão**. B. *CEPPA*, 18 (2), pp. 221-236.

VALLONE, M. M. **Casca de café (*Coffea arabica* L.) tratada com óxido de cálcio: digestibilidade e desempenho de cordeiros**. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, 2009. 78 p. : il.

VARGAS, E., CABEZAS, M.T., MURILLO, B., BRAHAM, E.J., BRESSANI, R. 1982. Efecto de altos niveles de pulpa de café deshidratada sobre el crecimiento y adaptación de novillos jovenes. **Archivos Latino americanos de Nutricion**, 32(4):973-989.

VEGRO, C.L.R.; CARVALHO, F.C. Disponibilidade e utilização de resíduos gerados no processamento agroindustrial do café. **Informações Econômicas**, v.24, n.1, p.9-16, 1994.

VILELA, F.G. **Uso da casca de café melosa em diferentes níveis na alimentação de novilhos confinados**. Lavras: UFLA, 1999. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras, 1999.

WALLACE, R.J.; HARTNELL, G.F. Technical note: methods for detecting liquid enzyme additives added to animal feeds. **Journal of Dairy Science**, v.79, p.2731-2735, 2001.

WANG, Y.; SPRATLING, B.M.; ZOBELL, D.R. et al. Effect of alkali pretreatment of wheat straw on the efficacy of exogenous fibrolytic enzymes. **Journal of Animal Science**, v.82, p.198-208, 2004.

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. Comparison of methods of adding fibrolytic enzymes to lactating cow diets. **Journal of Dairy Science**, v.83, p.2512-2520, 2000.

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.391-403, 1999.

YOSHIDA, L. M. **Extração de solúveis do café torrado** 2005. 198 f. Dissertações (Mestrado em engenharia Química) – Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2005.

CAPÍTULO I – COMPOSIÇÃO BROMATOLÓGICA DA CASCA DE CAFÉ SEM E COM ENZIMAS FIBROLÍTICAS

RESUMO

Diante do volume de casca de café disponível e da necessidade de informações apropriadas deste resíduo para a alimentação de ruminantes, é que se conjecturou a referida pesquisa, que foi conduzida no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Itapetinga e Vitória da Conquista- Ba. O objetivo foi avaliar o efeito de doses crescentes de enzimas celulolíticas e hemicelulolíticas sobre a composição bromatológica da casca de café, para avaliação da possibilidade do seu uso na alimentação de ruminantes. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2x4, sendo dois tempos de ação enzimática (24 e 48 h) e quatro doses de enzimas (0; 1,5; 3;4,5 e 6%), constituindo os seguintes tratamentos: Resíduo Casca de Café (RCC₁): 1,5% de enzimas e 24 h de ação enzimática; RCC₂: 3% de enzimas e 24 h de ação enzimática; RCC₃:4,5% de enzimas e 24 h de ação enzimática; RCC₄:6 % de enzimas e 24 h de ação enzimática; RCC₅: 1,5% de enzimas e 48 h de ação enzimática; RCC₆: 3% de enzimas e 48 h de ação enzimática; RCC₇:4,5% de enzimas e 48 h de ação enzimática; RCC₈: 6% de enzimas e 48 h de ação enzimática, com base na matéria seca. As amostras incubadas foram congeladas e, posteriormente moída e armazenadas conjuntamente com as *in natura*. Foi retirada uma alíquota tanto da *in natura* como das incubadas com enzimas fibrolíticas exógenas, para determinações bromatológicas: MS, PB,FDN, FDA, CEL, HEM, LIG, EE e MM. Constatou-se que, quando comparada as análises do RRC na forma *in natura* e os efeitos enzimáticos, pequenas variações foram observadas em relação aos constituintes nutritivos deste alimento em relação ao tempo de incubação, no entanto, para o parâmetro nutricional FDN, constatou-se efeito significativo, no qual supostamente as enzimas promoveram a lise de barreiras estruturais, facilitando a liberação de carboidratos solúveis. Assim, a casca de café tratada com enzimas fibrolíticas pode vir a se constituir numa alternativa para a alimentação de ruminantes, principalmente quando há grande disponibilidade deste resíduo e na época escassez de forragens, agregando valor ao resíduo e evitando o descarte deste no meio ambiente.

Palavras-chave: Resíduo casca de café, enzimas celulase e hemicelulase, nutrição animal, ruminantes.

CHAPTER I - CHEMICAL COMPOSITION OF COFFEE WITHOUT BARK AND WITH ENZYMES FIBROLYTIC

ABSTRACT

Before the coffee pods volume available and the need for appropriate information of this waste for feeding ruminants, it is that conjectured to this research, which was conducted at the Animal Nutrition Laboratory of the State University of Southwest Bahia, campus Itapetinga and Vitoria da Conquista, Bahia. The objective was to evaluate the effect of increasing doses of cellulolytic enzymes and hemicelulolíticas on the chemical composition of coffee pods, to evaluate the possibility of their use in ruminant feed. The experimental design was completely randomized with a 2x4 factorial design, two enzymatic action time (00:48 h) and four doses of enzyme (0, 1.5, 3, 4.5 and 6%), constituting the following treatments: residue Peel Café (RCC1): 1.5% of enzymes and 24 h of enzyme action; RCC2 3% enzyme and 24 h enzymatic action; RCC3: 4.5% of enzymes and 24 h of enzyme action; RCC4: 6% of enzymes and 24 h of enzyme action; RCC5: 1.5% enzyme and 48 h enzymatic action; RCC6 3% enzymes and 48h enzymatic action; RCC7: 4.5% of enzymes and 48 h of enzyme action; RCC8 6% enzyme and 48 h enzymatic action, based on dry matter. The incubated samples were frozen and then ground and stored together with in natura. Aliquot was obtained both in natura and the incubated with exogenous enzymes Fibrolytic to bromatological determinations: MS, CP, NDF, ADF, CEL, HEM, LIG, EE and MM. It was found that, compared DRR analyzes in natura and enzymatic effects, slight variations were observed in the nutritional constituents of the food with respect to time of incubation, however, for FDN nutritional parameter, it was found significant effect on the enzymes which presumably promoted lysis of structural barriers, facilitating the release of soluble carbohydrates. Thus, the coffee pods treated with Fibrolytic enzymes may prove to be an alternative for feeding ruminants, especially when there is great availability of this waste and the time shortage of fodder, adding value to the waste and avoiding the disposal of this on the environment.

Keywords: Waste coffee pods, enzymes cellulase and hemicellulase, animal nutrition, ruminant.

1. INTRODUÇÃO

O desempenho dos animais provenientes tanto da pecuária de leite como de corte, nas condições brasileiras, decorre da qualidade dos alimentos, no que se refere a volumosos e concentrados (ROBINSON, 1989).

Quando se faz um cálculo de rações, precisa-se de três informações técnicas: a exigência nutricional do animal, a composição química dos alimentos e a sua digestibilidade. A composição química e energética dos alimentos pode ser determinada através de análises bromatológicas, sendo este o método mais adequado e exato. Entretanto, quando não são possíveis análises laboratoriais, recomenda-se o uso de tabelas, nas quais estão apresentadas a composição química e a energética média dos ingredientes (RECH et al, 2010).

O conjunto das análises realizadas em alimentos tem como objetivo principal o conhecimento da sua composição química (SILVA & QUEIROZ, 2006), bem como relacionar o conteúdo de nutrientes dos alimentos com seu aproveitamento digestivo e metabólico (SNIFFEN et al., 1992).

É grande a disponibilidade do resíduo da casca de café no Brasil, visto que o país é o maior produtor e exportador de café, bem como segundo maior consumidor. Os dados de composição da casca de café, disponíveis na literatura, são bastante variados. Os valores de PB encontram-se em torno de 8,5 a 11,3%. Destes valores, cerca de 34,0% estão na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e 26,6% na forma de nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA) (SOUZA et al., 2001a). Além disso, cerca de 40,0% do nitrogênio total é composto de nitrogênio não protéico (NNP) (ELÍAS, 1978). O NNP inclui nitrogênio da estrutura de cafeína, niacina, purinas, pirimidinas, nitrogênio inorgânico e outras frações. Os teores dos componentes da parede celular variam, em média, entre 52,0 e 64,0% para FDN e 40 e 50% para FDA (SOUZA et al., 2001b; QUADROS et al., 2002).

A biotecnologia moderna possibilita a produção industrial de enzimas específicas para certas áreas de aplicação. Para utilização na alimentação animal, no final da década de 1980, a

produção de enzimas atingiu escala comercial. Diversos tipos de fungos, bactérias e leveduras podem produzir enzimas, por meio de técnicas de recombinação de DNA e mutações.

Na utilização dos produtos biotecnológicos, têm-se destacado estudos avaliando o efeito da suplementação com enzimas fibrolíticas exógenas (celulase e hemicelulase), que teriam a capacidade de potencializar a degradação dos polissacarídeos fibrosos juntamente com as enzimas produzidas pelos microrganismos do rúmen, estimulando a digestão total e a taxa de degradação (NEWBOLD, 1997). A aplicação de enzimas exógenas diretamente no alimento promove a liberação de açúcares redutores (HRISTOV et al., 1996) e, em alguns casos, solubilização parcial da fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) (KRAUSE et al., 1998). De fato, todos estes modos de ação estariam interligados, de modo que as alterações mediadas pelas enzimas, antes do consumo, refletiriam nas digestões ruminal e pós-ruminal dos nutrientes (MCALLISTER et al., 2001).

Face ao exposto, objetivou-se avaliar o efeito das enzimas fibrolíticas exógenas (celulases e hemicelulases) sobre a composição químico-bromatológica da casca de café com vistas à utilização deste resíduo na alimentação de ruminantes.

2. MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos nos Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Campus de Itapetinga e Vitória da Conquista, ambos localizados na região sudoeste da Bahia. O Campus de Itapetinga está a uma Latitude de 15° 15' 12.48" S e Longitude de 40° 15' 19.78" O, tendo altitude média de 279 m. Segundo a classificação climática de Köppen-Geiger um clima, Aw: Clima Tropical com Estação Seca no Inverno, com o índice pluviométrico médio de 1300 mm anuais e a temperatura durante o ano inteiro fica superior aos 30°C, com a mínima chegando não menos que 18°C. A segunda parte da pesquisa foi conduzida em Vitória da Conquista/ BA a 14°51'S de latitude, 40°50'O de longitude, altitude média de 874,8m e precipitação média anual é de 733,9mm. As médias das temperaturas máxima e mínima foram, respectivamente, de 25,3 e 16,1°C. A casca de café utilizada foi adquirida na Cooperativa Mista Agropecuária Conquistense – COOPMAC e as enzimas fibrolíticas exógenas¹, são extraídas dos fungos *Aspergillus aculeatus* e *Humicola insolens*, sendo usadas comercialmente na produção de álcool de segunda geração. As celulases apresentam-se na forma líquida, coloração marrom, com densidade de 1,2 g/mL, tendo como condições ótimas para atividade enzimática da celulase 45-50 °C e pH 4,5-6,5. As hemicelulases apresentam temperatura ótima para atuação enzimática entre 40-60 °C e pH 5,0-6,5. Além da hemicelulase propriamente dita, ela contém outras enzimas, incluindo β-glucanases, xilanases, arabinases, celulases e pentosanases.

Para avaliar o efeito das enzimas sobre o tratamento químico/biológico do resíduo casca de café, foram utilizadas 4 doses de enzimas fibrolíticas exógenas (1,5%;3%;4,5% e 6% na base seca).

¹Novozymes Latin América Ltda: celulose (NS 50013) e hemicelulose (NS 22022)

Estas foram diluídas em água destilada (100 mL /kg MS) na proporção de 50% de celulase e 50% de hemicelulase e posteriormente as soluções foram borrifadas na casca de café e homogeneizado. A seguir o resíduo foi levado para a estufa de circulação de ar forçado, regulada para 45°C, objetivando uma melhor ação enzimática. Após o termino da ação das enzimas (24 e 48h), as amostras foram congeladas para cessarem a atividade das mesmas.

As amostras foram retiradas do congelador e, posteriormente processadas em moinho tipo “Willey” com peneira de crivos de 1 mm.

Foi retirada uma alíquota da amostra de casca de café *in natura* e outra das incubadas com enzimas fibrolíticas exógenas, para determinações bromatológicas, segundo a metodologia descrita por Rech et al.(2010): matéria seca (MS), proteína bruta (PB), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA), celulose (CEL), hemicelulose (HEM), lignina (LIG), extrato etéreo (EE) e cinzas (MM).

Para a avaliação da atividade das enzimas celulasas e hemicelulasas, utilizou-se a metodologia descrita por Yoshioka et al. (1981) e Miller (1959). Para o preparo do meio, foram homogeneizados 10 g de farelo de trigo, 10 mL de água destilada e toda vidraria e acessórios foram esterilizados. Para o preparo das enzimas, utilizou-se 9,95 mL de água destilada e 50 µL de enzima, sendo aproveitado 2 mL desta solução. Foi preparado uma solução controle positivo com glicose a 0,5% em água destilada, e outra constituída apenas por farelo de trigo. Após período de incubação de 48 h, os extratos (triplicatas) foram obtidos por filtração com bomba a vácuo e as leituras foram feitas por absorbâncias, em espectrofotômetro, modelo Cintra 20, da GBC em λ de 540 nm. A quantificação dos açúcares redutores dos extratos recuperados, que representam as atividades das enzimas, foram de 51 e 28 mg/mL para celulasas e hemicelulasas, respectivamente, mostrando a efetividade das enzimas.

Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x4 (dois tempos de ação enzimática e quatro doses de enzimas), totalizando 8 tratamentos. Foram feitas três repetições de cada tratamento.

Os dados obtidos foram interpretados estatisticamente por meio de análise de variância, e as médias comparadas pelo teste Tukey ($P < 0,05$), para comparação entre as médias dos tratamentos. Para realizar as análises estatísticas, foram utilizados os programas Statistical Analyses System - SAS (SAS, 2002) e Assistat Versão 7.7 (SILVA, 2015).

Modelo Estatístico (DIC):

$$\hat{y}_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

\hat{y}_{ij} = é o valor observado para a variável em estudo referente ao i-ésimo tratamento na j-ésima repetição;

μ = constante inerente a todas as observações;

t_i = efeito no nível de enzima i, sendo i o nível de enzima utilizado em relação ao tempo (24 e 48 horas);

ε_{ij} = é o erro aleatório associado à cada observação Y_{ij} .

Tratamentos

Tratamento 1: Casca de café (1,5% de enzimas e 24 h de ação enzimática) = $RCC_{(1,5;24)}$;

Tratamento 2: Casca de café (3% de enzimas e 24 h de ação enzimática) = $RCC_{(3;24)}$;

Tratamento 3: Casca de café (4,5% de enzimas e 24 h de ação enzimática) = $RCC_{(4,5;24)}$;

Tratamento 4: Casca de café (6% de enzimas e 24 h de ação enzimática) = $RCC_{(6;24)}$;

Tratamento 5: Casca de café (1,5% de enzimas e 48 h de ação enzimática) = $RCC_{(1,5;48)}$;

Tratamento 6: Casca de café (3% de enzimas e 48 h de ação enzimática) = $RCC_{(3;48)}$;

Tratamento 7: Casca de café (4,5% de enzimas e 48 h de ação enzimática) = $RCC_{(4,5;48)}$;

Tratamento 8: Casca de café (6% de enzimas e 48 h de ação enzimática) = $RCC_{(6;48)}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 2 estão apresentados os dados da análise bromatológica da casca de café na forma natural, onde pudemos observar que tais resultados encontrados estão de acordo com a média apresentada na literatura para o mesmo resíduo, visto que, Ribeiro Filho (1998), estabeleceu máximas e mínimas dos componentes da casca de café. No presente trabalho científico observou-se que para proteína o valor encontrado foi de 14,2%, FDN 53,4% e FDA 36,8 %, diferindo PB de Ribeiro Filho (1998), onde o máximo encontrado pelo autor foi de 11,7% e para os demais parâmetros nutricionais assemelhou-se.

Tabela 2. Composição bromatológica do resíduo da casca de café natural e com enzimas fibrolíticas no tempo de ação enzimática de 24 e 48 horas

Componentes	Composição (%)	24 horas	48 horas
Matéria Seca (MS)	89,9	91,5	92,5
Proteína Bruta (PB)	14,2	13,9	13,2
Extrato Etéreo (EE)	2,8	2,4	2,4
Cinzas	9,2	8,9	8,4
Fibra em Detergente Neutro (FDN)	53,4	52,4	53,4
Fibra em Detergente Ácido (FDA)	36,8	35,7	38,6
Hemicelulose	16,6	16,7	15,6
Celulose	23,3	23	25,4
Lignina	13,5	12,6	13,2

Fonte: Laboratório de Nutrição Animal –UESB.

ROSEIRA, (2015) encontrou valores para PB de 10,52%; FDN de 52,47% e FDA de 42,76%. Vallone et al. (2009) encontraram valores para PB; 7,2 para FDN 52,3 e FDA 42,8 semelhantes ao desta pesquisa. Já Faria et al., (2007) verificaram valores de 8,2 para PB; 62,2 para FDN e 50,3 para FDA e Valadares Filho et al.(2010) apresentam valores médios de 9,87% de proteína bruta (PB); 65,53% de FDN; 50,11% de FDA com base na matéria seca, diferindo dos demais autores. Este resíduo contém características nutricionais que evidencia potencial uso na alimentação de ruminantes, visto que estes conseguem aproveitar melhor os

alimentos fibrosos. Neste contexto, o uso de produtos biotecnológicos surge como alternativa para a melhoria do valor nutritivo de alimentos fibrosos, promovendo o rompimento da estrutura da fração fibrosa, predispondo-a à ação dos micro-organismos do rúmen, tornando o alimento mais digestível (MOHALLEN, 2010).

Quando comparados os valores dos componentes sem (*in natura*) e com a adição de enzimas (tempos de 24 e 48h de ação enzimática) pudemos observar que as enzimas agiram sobre quase todos os componentes nutricionais deste resíduo exceto em hemicelulose e celulose, sendo que o tempo de 24h mostrou-se o melhor tempo.

A grande variabilidade na composição química da casca de café é decorrente da variação na proporção de casca e pergaminho. Essa quantidade de pergaminho varia de acordo com o processo realizado, por via úmida ou por via seca, no qual o material sofre efeito da água, separando o pergaminho da casca melosa por densidade. A casca do café em coco contém pergaminho e apresenta maior teor de fibra e menor digestibilidade, quando comparado com a casca melosa, o que contribui para a diminuição do valor nutricional do produto (OLIVEIRA et al., 2002). No entanto, para que melhore o valor nutricional desse produto, são utilizados alguns processamentos físico, químicos e biológico, com objetivo de disponibilizar os carboidratos solúveis e proteínas que se apresentam indigestíveis na casca (VALLONE et al., 2009).

Durante a degradação de um substrato complexo, como a celulose, várias enzimas agem em associação para uma digestão eficiente. O primeiro passo na degradação de um substrato insolúvel parece ser a vinculação do complexo enzimático ou microrganismo ao substrato. Assim, a aderência é obrigatória para que ocorra a degradação dos componentes da planta pelas bactérias do rúmen. A aderência dos microrganismos e das enzimas que degradam os polissacarídeos não somente coloca os sistemas de enzimas em proximidade ao substrato, mas pode agir rompendo ligações entre celulose e polissacarídeos não-celulolíticos, bem como ligações dentro das fibrilas de celulose (BEAUCHEMIN et al., 2003).

Segundo Ribeiro Filho (1998) e Teixeira (1999), a revisão feita sobre a composição química-bromatológica da casca de café apresenta grande diversidade de informações que provavelmente está relacionada à presença de pergaminho, pois quanto maior a quantidade deste componente na casca, maior será a queda de qualidade nutricional deste resíduo.

Souza et al. (2004) acrescentam que a grande variação encontrada nas análises químicas de casca de café está relacionada também com as cultivares, as condições de cultivo e operações empregadas durante o cultivo. Embora não tenha sido analisado o conteúdo de pergaminho na casca de café e nem levados em conta outros fatores adversos, verificamos que

os dados sobre os nutrientes das amostras são semelhantes aos citados pelos autores mencionados.

Na tabela 3 estão apresentados os valores médios de matéria seca, cinzas, extrato etéreo e proteína bruta do resíduo da casca de café tratado com enzimas fibrolíticas. Para o efeito tempo e doses de enzimas, observou-se que não houve dependência entre as variáveis ($P>0,05$) dosagens de enzimas e o tempo de ação enzimática em MS, MM, EE e PB. No tocante ao variável tempo de ação enzimática, constatou-se diferenças significativas ($P<0,05$) sendo que a média da matéria seca no tempo de 48 horas apresentou resultado superior, provavelmente devido ao tempo da ação enzimática e, conseqüentemente, pela maior perda de umidade do resíduo. As enzimas demonstraram não terem efeito também de forma isolada.

Tabela 3. Valores médios de matéria seca, cinzas, proteína bruta e extrato etéreo do resíduo da casca de café tratado com enzimas fibrolíticas

TEMPO DE AÇÃO ENZIMÁTICA	ENZIMAS (%)				MÉDIAS	CV (%)	EQUAÇÃO
	1,5	3,0	4,5	6,0			
Matéria Seca (%MN)							
24	91,76	92,14	92,01	91,86	91,51B		
48	93,00	92,96	93,16	92,93	92,63A	0,47	NS
Média	92,38	92,55	92,58	92,39	92,07		
Cinzas (%MS)							
24	9,14	8,71	9,05	8,44	8,90A		
48	8,77	8,29	8,23	8,47	8,46B	3,91	NS
Média	8,90	8,50	8,64	8,45	8,68		
Extrato Etéreo (%MS)							
24	2,50	1,89	2,45	2,40	2,41A		
48	2,71	2,01	2,36	2,13	2,40B	23,41	NS
Média	2,60	1,95	2,40	2,26	2,41		
Proteína Bruta (%MS)							
24	14,56	13,19	14,06	13,58	13,92A		
48	11,72	13,09	13,58	12,92	13,26B	6,58	NS
Média	13,14	13,14	13,82	13,25	13,59		

Médias de tempo de ação enzimática, na coluna, seguidas de letras maiúsculas diferentes são diferentes ($P>0,05$) pelo teste F.

Outros autores, ao utilizarem enzimas fibrolíticas, obtiveram resultado semelhantes na avaliação com outros alimentos, como cana de açúcar, para MS e EE (OLIVEIRA, 2011),

silagem de capim Brachiaria e Tanzânia, para MS (CYSNEIROS et al ,2006; LOURES ,2004) e silagem de milho, para MS (CYSNEIROS, 2006).

Na avaliação da média da variável cinza, constatou-se haver diferença significativa ($P < 0,05$), ocorrendo uma perda do conteúdo mineral no tempo de ação enzimática de 48 horas; já para extrato etéreo, os valores permaneceram constantes com o passar do tempo, não apresentando, assim, diferenças significativas entre os tempos ($P > 0,05$).

Em proteína bruta, pudemos observar diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tempos de ação enzimática, mostrando-se um conteúdo maior de proteína no tempo de 24 h, provavelmente no tempo de 48h, pois quando se teve uma maior exposição ao calor, houve a desnaturação das proteínas.

Todas as enzimas são proteínas, possuindo as estruturas proteicas primárias, secundárias, terciárias e quaternárias, que são essenciais para o exercício da atividade catalítica. Esta atividade catalítica depende, portanto, da integridade da sua conformação proteica nativa, sendo que, geralmente, esta atividade é perdida, caso a enzima seja desnaturada ou dissociada em subunidades (VIEIRA, 2003).

Quando a temperatura aumenta, a velocidade da reação inicialmente aumenta em virtude da energia cinética aumentada das moléculas com o substrato. Em temperaturas ótimas, a velocidade de destruição das enzimas pelo calor é equilibrada pelo aumento na reatividade enzima-substrato e a velocidade de reação é máxima. Temperaturas excessivas têm efeitos letais nas estruturas das enzimas (CAMPESTRINI, 2005). Geralmente, a solubilidade da proteína diminui com o aumento da temperatura e tempo de aquecimento, embora exista variações entre as mesmas.

Cysneiros (2006) verificou que a solução enzimática não afetou o teor de PB da silagem de milho e silagens de capim-braquiária e de capim-tanzânia, o que é consistente com a caracterização bioquímica da solução utilizada, revelando atividade nula de protease, o que pode ser explicado também para o nutriente PB neste trabalho.

Grande parte do nitrogênio da casca de café está ligada aos componentes da fração fibrosa na forma de nitrogênio insolúvel em detergente neutro (NIDN) e nitrogênio insolúvel em detergente ácido (NIDA), sendo considerado de baixa disponibilidade para os microrganismos ruminais (LICITRA et al., 1996; SOEST,1981) e a fração fibrosa deste resíduo apresenta elevados teores de lignina, fator primário com potencial de limitar a digestibilidade da parede celular (JUNG & ALLEN, 1995). A importância do uso de enzimas fibrolíticas é que estas, quando em contato com o alimento, promovem a liberação de

carboidratos solúveis e a remoção de barreiras estruturais, e isso faria com que melhorasse a digestão dos alimentos pelos microrganismos ruminais (BEAUCHEMIN et al., 2000).

Na tabela 4 estão apresentados os dados referentes à parede celular da casa de café, tratados com enzimas exógenas.

Tabela 4. Valores médios dos componentes da parede celular do resíduo da casca de café tratado com enzimas fibrolíticas

TEMPO DE AÇÃO ENZIMÁTICA	ENZIMAS (%)				MÉDIAS	CV (%)	EQUAÇÃO
	1,5	3,0	4,5	6,0			
FDN (%MS)							
24	52,66a	50,95b	51,70a	53,29a	52,41 ¹		¹ y=55,52-2,50x+0,35x ² (R ² =0,94)
48	54,32a	55,97a	53,30a	54,05a	53,40 ²	1,92	² y=40,73+14,73x-4,35x ² +0,37x ³ (R ² =0,99)
Média	53,41	53,49	53,46	52,54	53,67		
FDA (%MS)							
24	35,66	35,30	35,42	35,27	35,70B		
48	38,81	40,13	37,60	38,94	36,67A	3,38	NS
Média	37,23	37,71	36,51	37,10	37,19		
Hemicelulose (%MS)							
24	17,00	15,65	16,34	18,02	16,71A		
48	15,51	15,84	15,73	15,11	15,69B	6,68	NS
Média	16,25	15,74	16,03	16,56	16,20		
Celulose (%MS)							
24	23,02	23,29	22,70	23,14	23,09B		
48	25,78	26,47	24,66	26,12	25,49A	3,79	NS
Média	24,40	24,88	23,68	24,63	24,29		
Lignina (%MS)							
24	12,64	12,01	12,72	12,13	12,60B		
48	13,03	13,66	12,94	12,82	13,23A	5,63	NS
Média	12,83	12,83	12,83	12,47	12,90		

Médias de tempo de ação enzimática, na coluna, seguidas de letras maiúsculas diferentes são diferentes (P<0,05) pelo teste F.

De acordo com os dados obtidos, verificou-se haver interação entre os fatores tempo e níveis enzima somente para FDN, na qual somente o nível de 3% enzimas apresentou diferenças entre os tempos de ação enzimática, em que 48h elevou significativamente o conteúdo de FDN. Em relação aos níveis de enzimas, notou-se efeito quadrático (P<0,05) no tempo de 24h, quando o ponto de máxima se situa em 3,5% de adição de enzimas. Já em 48h,

o efeito foi cúbico, quando os pontos de máximo e mínimo foram, respectivamente, de 2,51 e 5,18%.

De acordo com a literatura, o consumo do alimento está relacionado com teor de FDN, que deverá ser, no mínimo, de 28% e, no máximo, 50%, e a digestibilidade com FDA que deve estar, no mínimo, de 21%, além de outros fatores nutricionais, como: densidade energética, peso vivo, nível de produção, estado fisiológico e condição de alimentação (disponibilidade de alimento, frequência de alimentação, dentre outros).

Silva et al. (2009), em sua pesquisa de revisão, afirmaram que os consumos de FDN próximos de 1,8% do peso corporal podem ser alcançados por animais em pastejo de Brachiarias no período seco (BARBOSA ET AL., 2007 e SCHIO, 2009), desmistificando a informação generalizada da referência de Mertens (1994) de consumo máximo de FDN de 1,2% do peso corporal. Para FDA, hemicelulose, celulose e lignina, não se verificou interação entre os fatores doses de enzimas e tempos de ação enzimática, somente houve diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os tempos. Os conteúdos de FDA, celulose e lignina foram maiores em 48h, e o conteúdo de Hemicelulose foi maior em 24h. As enzimas hemicelulase mostraram-se mais efetivas que a celulase (pode ter sido a regulagem da temperatura que beneficiou mais uma).

Os ruminantes aproveitam pouco os carboidratos com alto teor de fibra e se dependessem apenas de suas próprias enzimas, seriam incapazes de quebrarem as ligações químicas formadoras destes carboidratos. A adição de enzimas fibrolíticas nas dietas de ruminantes aumenta a digestibilidade da fração fibrosa dos alimentos, pois estas auxiliam na degradação da hemicelulose e celulose da forragem, respectivamente, proporcionando maior liberação de energia e melhor aproveitamento pelo animal (LARA, 2013).

O ruminante, por sua vez, fornece aos microrganismos o ambiente ruminal com condições relativamente estáveis (umidade, calor, pH, osmolaridade, anaerobiose) e substrato (alimento) periodicamente renovado (MEDEIROS et al., 2015). Embora o mecanismo que regula a necessidade de temperaturas baixas não seja bem conhecido, sabe-se que frequentemente ocorre conversão de polissacarídeos em açúcares livres, quando essas são submetidas a temperaturas baixas (CHARLES EDWARDS & REES 1974). Nas figuras 02 e 03 estão representados os efeitos das enzimas na composição bromatológica para o parâmetro FDN, nos tempos de 24 e 48h.

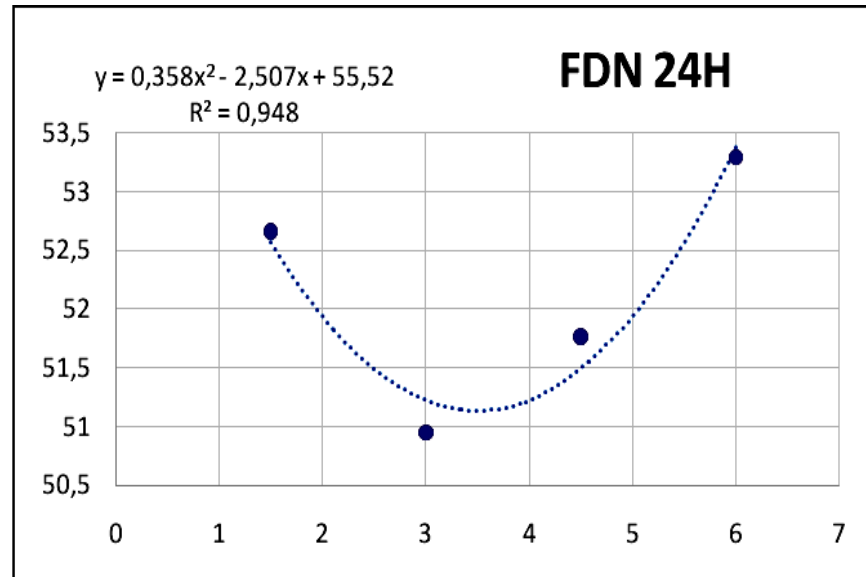


Figura 02. Efeitos das enzimas em FDN no tempo de 24 h.

Na figura 02, demonstra-se graficamente o efeito quadrático da participação percentual da ação das enzimas no resíduo de casca de café, atingindo o ponto de inflexão de 3,5% de enzima no tratamento, o que equivale à participação em 51,31% da composição de FDN no tempo de ação enzimática de 24 horas. Assim observa-se que o nível de 3,5% de enzimas resulta em um valor de FDN mais desejável.

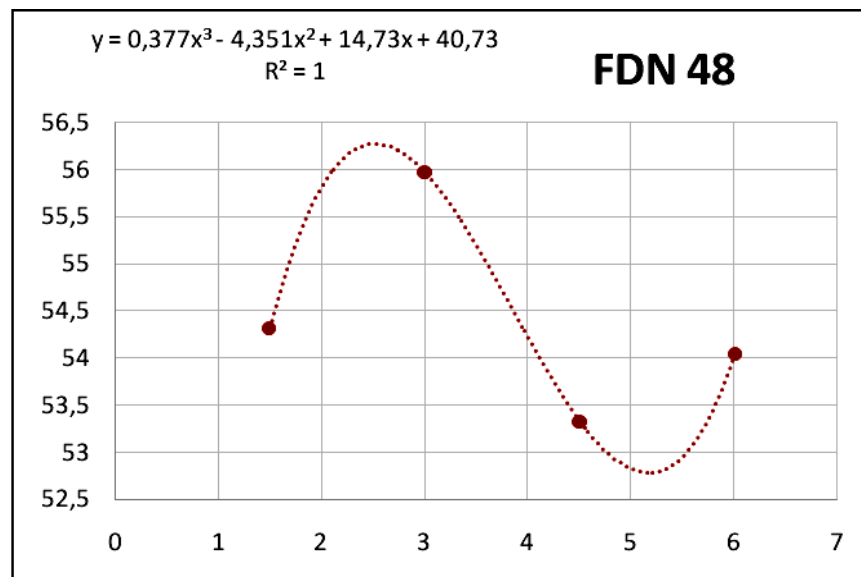


Figura 03. Efeitos das enzimas em FDN no tempo de 48 h.

Na figura 03, demonstra-se graficamente o efeito cúbico da participação percentual da ação das enzimas no resíduo de casca de café sobre o tempo, verificando-se o máxima em 2,51% e mínimo em 5,18% de adição de enzimas. Onde no nível de 5,18% resulta em um

melhor conteúdo de FDN. Sabemos que o consumo de FDN deverá ser de até 1,8% do peso vivo do animal e que esses valores não deverão estar acima de 50% nos alimentos, com tudo ao observarmos a ação enzimática no tempo de 24 horas na composição de FDN de 51,31% e no tempo de 48h sendo de 53%, correspondendo aos níveis de 3,5 e 5,18% de enzima, demonstram que FDN se aproximam dos valores indicados na literatura.

Segundo Hristov et al. (1996), a aplicação de enzimas exógenas diretamente no alimento promove a liberação de açúcares redutores e, em alguns casos, solubilização parcial da FDN e FDA (KRAUSE et al., 1998). No entanto, observamos que não houve diferença significativa das dosagens enzimáticas para FDA.

4. CONCLUSÃO

De acordo com as condições experimentais, conclui-se que, quando comparada às análises do RCC sem tratamentos e sob os efeitos enzimáticos, constataram-se pequenas variações em relação aos constituintes nutritivos deste alimento em relação ao tempo. A interação entre efeito de doses crescentes das enzimas fibrolíticas e tempo de incubação, foi observada significância somente para o parâmetro nutricional FDN, no qual o ponto de máxima de adição de enzimas deverá situar-se 3,5% de enzimas no tempo de 24h.

Sabendo-se que este parâmetro está ligado diretamente ao consumo de alimentos pelos animais, é possível se sugerir o aproveitamento deste na alimentação de ruminantes, principalmente na época de escassez de forragem. A garantia da sustentabilidade ambiental é a minimização dos efeitos adversos para o meio ambiente causados pelo resíduo casca de café quando estes não são reaproveitados adequadamente.

5. REFERÊNCIAS

- BARBOSA, F. A. et al. Desempenho e consumo de matéria seca de bovinos sob suplementação protéico-energética, durante a época de transição água-seca. **Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia**, v.59, n.1, p.160-167, 2007.
- BEAUCHEMIN, K.A .et al. Enzymes and direct fed microbials in diets dairy cows, 2000. **In: Proceedings of the Tristate Nutrition Conference**, p.10, 2000.
- CAMPESTRINI, E. et al. Utilização de Enzimas na Alimentação Animal. **Revista Eletrônica Nutritime**, v.2, n°6, p.259-272, novembro/dezembro 2005.
- CHARLES-EDWARDS, D.A. & REES, A. R. 1974. A simple model for the cold requirement of Tulip. **Annals of Botany** 38: 401-408.
- CYSNEIROS, C.S.S. et al. Efeito de enzimas fibrolíticas sobre a composição química da silagem de milho. **Ciência Animal Brasileira**, v. 7, n. 4, p. 339-348, out./dez. 2006.
- CYSNEIROS, C.S.S. et. al. Efeito de enzimas fibrolíticas sobre a composição bromatológica de silagens de capins tropicais. **Ciência Animal Brasileira**, v.7, n.1, p.1-10, 2006.
- ELIAS, L.G. Composición química de la pulpa de café y otros subproductos. p. 19-29. **In: PULPA de café: Composición tecnología y utilización**. Bogotá: CIID, 1978. 152 p.
- HRISTOV, A.N.; RODE, L.M.; BEAUCHEMIN, K.A. et al. Effect of a commercial enzyme preparation on barley silage *in vitro* and in sacco dry matter degradability. **Proceedings of Western Section of American Society of Animal Science**, v.47, p.282-284, 1996.
- JUNG, H.G.; ALLEN, S. Characteristics of plant cell walls affecting intake and digestibility of forages by ruminants. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 73, n. 9, p. 2774-2790, 1995.
- KRAUSE, M.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. et al. Fibrolytic enzyme treatment of barley grain and source of forage in high-grain diets fed to growing cattle. **Journal of Animal Science**, v.76, p.2912-2920, 1998.
- LARA, E.C. **Produção e avaliação de enzimas fibrolíticas exógenas na ensilagem de milho**. 2013.73f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal-SP.
- LICITRA, G.; HERNANDEZ, T.M.; SOEST, P.J. van. Standardization of procedures for nitrogen fractionation of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v. 57, n. 4, p. 347-358, 1996.

LOURES, D.R.S. **Enzimas fibrolíticas e emurchecimento no controle de perdas da ensilagem e na digestão de nutrientes em bovinos alimentados com rações contendo silagem de capim Tanzânia.** 2004. 146f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

McALLISTER, T.A.; HRISTOV, A.N.; BEAUCHEMIN, K.A. et al. Enzymes in ruminant diets. In: BEDFORD, M.R.; PARTRIDGE, G.G. (Eds.). **Enzymes in farm nutrition.** Oxon: Cab International, 2001. p.273-298.

MEDEIROS et al. **Nutrição de bovinos de corte: fundamentos e aplicações** / editores técnicos, Sérgio Raposo de Medeiros, Rodrigo da Costa Gomes, Davi José Bungenstab. -- Brasília, DF :Embrapa, 2015.

MERTENS, D.R. Analysis of fiber in feeds and its use in feed evaluation and ration formulation. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL DE RUMINANTES, 1992, Lavras. **Anais...**, Lavras: SBZ, 1992. p,1-33.

MILLER, G.L. Use of dinitrosalicilic and reagent for determination of reducing sugar. **Analytical Chemistry**, v.31, p. 426-428, 1959.

MOHALLEM, R.F. **Hidróxido de cálcio (Ca(OH)₂) e bactérias heterofermentativas como aditivos em silagens de cana-de-açúcar (Saccharum officinarum L.) para alimentação de ruminantes.** 2010. 75f. Tese (Mestrado)- Universidade Federal de Uberlândia- MG.

NEWBOLD, J. Proposed mechanisms for enzymes as modifiers of ruminal fermentation. In: FLORIDA RUMINANT NUTRITION SYMPOSIUM, 16. 1997, Gainesville. **Proceedings...** Gainesville: 1997. p.3-17.

OLIVEIRA, F. M. **Hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com uréia.** 2011. 86 f. tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA.

OLIVEIRA, M.D.S. et al. Efeito da hidrólise com NaOH sobre a digestibilidade in vitro da matéria seca da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.). **Ars Veterinaria**, Jaboticabal, v. 18, n. 2, p. 167-173, 2002.

OLIVEIRA, E.R. **Desempenho de novilhos confinados alimentados com cama de frangos, usando, como substrato, casca de café.** 1998. 39f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG.

OLIVEIRA, F. M. **Hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com uréia.** 2011. 86f. tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA.

QUADROS, D.G.; FIGUEIREDO, M.P.; CARDOSO JÚNIOR, N.S. et al. Perfil dos produtos da fermentação e degradabilidade *in situ* da matéria seca da silagem de capim-elefante com diferentes percentuais de casca de café. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 39, 2002, Recife. **Anais...** Recife: SBZ, 2002. CD-ROM.

RECH, C. L. S.; RECH, J.L.; PIRES, A.J.V; NUNES, G.S; FIGUEIREDO, M.P.; XAVIER, E.G.; PINO, F.A.B.; ROLL, V.F.B.; AGUIAR, L.V.; MEIRA, A.N.; COSTA, L.S. **Manual prático de análises de alimentos para animais de interesse zootécnico**. 1. ed. Vitória da Conquista: Edições UESB, 2010. v. 500. 152p;ilp .

ROBINSON, P.H. Dynamic aspects of feeding management for dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.73, p.1197, 1989.

ROSEIRA, J.P.S. **Casca de café tratada com óxido de cálcio em condição de aerobiose ou anaerobiose**. 2015.52f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa -MG.

SAS, **Statistical Analysis System**. Software, version 9.1.3 Cary: SAS Institute, 2002.

SILVA, D.J.; QUEIROZ, A.C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos**. Viçosa, MG: Editora UFV, 2006. 235p.

SILVA, F.F. et al. Suplementação a pasto: disponibilidade e qualidade x níveis de suplementação x desempenho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.38, p.371-389, 2009(supl. especial).

SNIFFEN, C.J. et al. A net carbohydrate and protein system for evaluating cattle diets. II. Carbohydrate and protein availability, **Journal of Animal Science**, v.70, n.11, p.3562-3577, 1992.

SOEST, P.J. van. Limiting factors in plant residues o low biodegradability. **Agricultural Environment, Amsterdam**, v. 6, n. 5, p. 135-143, 1981.

SOUZA, A.L. et al. Composição químico bromatológica da casca de café tratada com amônia anidra e sulfeto de sódio. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.30, n.3 (Suplemento1), p.983-991, 2001a.

SOUZA, A.L. et al. Valor nutritivo da silagem de capim-elefante (*Pennisetum purpureum* Schum.) cv. Cameroon com diferentes níveis de casca de café. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 38, 2001. Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: SBZ, 2001b. CD-ROM.

VALADARES FILHO, S.C.et al. **Tabela brasileiras de composição de alimentos para bovinos**. Viçosa, 2010. 502p.

VALLONE, M. M. **Casca de café (*Coffea arábica L.*) tratada com óxido de cálcio: digestibilidade e desempenho de cordeiros**. 2009. 78f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG.

VIEIRA, Sergio L. Oportunidade para o uso de enzimas em dietas vegetarianas. IV SIMPÓSIO BRASIL SUL DE AVICULTURA, 2003, Chapecó – SC. **Anais...**Chapecó: 2003. p 91 - 95.

YOSHIOKA, H. et al. Producion and characterization of thermostable xylase from *Talaromyces* by *ssochlamydoides* YH-50. **Agricultural and Biological Chemistry**, v.45, p.579-586, 1981.

CAPÍTULO II – DEGRADABILIDADE RUMINAL IN VITRO DA CASCA DE CAFÉ COM ENZIMAS FIBROLÍTICAS EXÓGENAS

RESUMO

Além do tratamento químico dos resíduos, estudos com o uso de produtos biotecnológicos, como as enzimas fibrolíticas exógenas, têm sido conduzidos objetivando aumentar o valor nutritivo dos alimentos. A aplicação dessas enzimas diretamente no alimento promove a liberação de carboidratos solúveis rompendo barreiras estruturais que limitam a sua digestão pela microbiota ruminal, ocasionando o aumento da degradabilidade da MS e FDN. A pesquisa foi conduzida no Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, campus de Vitória da Conquista- Ba. O objetivo foi determinar a degradabilidade *in vitro* da matéria seca (DIVMS), fibra em detergente neutro (DIVFDN) e da fibra em detergente ácido (DIVFDA) da casca de café tratado com enzimas fibrolíticas exógenas. O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado, com esquema fatorial 2x4, sendo dois tempos de ação enzimática (24 e 48 h) e quatro doses de enzimas (0; 1,5; 3;4,5 e 6%) com base na matéria seca. Amostras de 0,5 g do RCC foram colocadas em sacos F-57 (ANKOM®) e incubadas nos jarros de vidro do fermentador ruminal TE-150 (TECNAL) por períodos de 0 (lavados diretamente), 6, 24, 48, 96 e 120h, respectivamente. Baseado nas condições experimentais, concluiu-se que, com a adição de enzimas, ocorre uma melhora na degradabilidade dos parâmetros nutricionais MS, FDN e FDA, sendo 3% de enzimas o melhor nível e 24 horas o melhor tempo, podendo-se inferir que o tratamento deste resíduo com enzimas fibrolíticas por um período de 24h é suficiente. Verificou-se ainda que, à medida que aumenta os tempos de incubação do RCC, diminui-se a taxa de degradação. Por conseguinte, a utilização de enzimas podem melhorar a digestibilidade da fração fibrosa e resultar no aproveitamento do resíduo da casca de café e, possivelmente, de outros resíduos da agroindústria, sendo isso benéfico principalmente por minimizar os efeitos adversos desses resíduos na natureza por ter sido aproveitado.

Palavras-chave: Resíduo da Casca de Café, Enzimas Fibrolíticas (celulase e hemicelulase), Degradabilidade *in Vitro*, Ruminantes.

CHAPTER II - DEGRADABILITY RUMINAL IN VITRO COFFEE WITH PEEL ENZYMES EXOGENOUS FIBROLYTIC

ABSTRACT

In addition to the chemical treatment of waste, studies with the use of biotechnological products, such as exogenous Fibrolytic enzymes, have been conducted in order to increase the nutritional value of food. The application of these enzymes directly into the food promotes the release of soluble carbohydrates breaking structural barriers that limit their digestion by ruminal microflora, causing increased degradability of DM and NDF. The research was conducted at the Animal Nutrition Laboratory of the State University of Southwest Bahia, Vitoria campus conquest- Ba. The goal was to determine the in vitro degradability of dry matter (DM), neutral detergent fiber (IVNDFD) and acid detergent fiber (DIVFDA) of treated coffee hulls with exogenous enzymes Fibrolytic. The experimental design was completely randomized with a 2x4 factorial design, two enzymatic action time (00:48 h) and four doses of enzyme (0, 1.5, 3, 4.5 and 6%) based on field dry. 0.5 g of RCC samples were placed in bags F-57 (ANKOM®) and incubated in glass jars ruminal fermenter TE-150 (TECNAL) for 0 (washed directly), 6, 24, 48, 96 and 120h, respectively. Based on the experimental conditions, it was found that with the addition of enzymes, there is an improvement in degradability of nutritional parameters DM, NDF and ADF, 3% enzymes the highest level and 24 hours, the best time may be inferred that treating this residue with fibrolytic enzymes for a period of 24 hours is sufficient. also it has been found that, as it increases the RCC incubation times, decreases the degradation rate. Therefore, the use of enzymes can improve the digestibility of the fiber and result in the use of the coffee bark residue and possibly other wastes from the agro-industry, and this double benefit, by minimizing significant investments rations and reduce the effects adverse such waste in nature, having been tapped.

Key words: Waste coffee pods, fibrolytic enzymes (cellulase and hemicellulase), in vitro degradability ruminants.

1.INTRODUÇÃO

Entre os diversos resíduos da agroindústria, a casca de café resultante do beneficiamento do grão constitui uma alternativa de volumoso para alimentação de bovinos e ovinos, durante o período da seca, face à sua disponibilidade em diferentes estados brasileiros (ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL, 2000). Normalmente, resíduos de cultura como a casca de café possuem baixo valor nutritivo e elevado teor de parede celular, composta basicamente por celulose, hemicelulose e lignina. A casca de café é também rica em cafeína e compostos fenólicos, que podem afetar negativamente o consumo de alimentos e, conseqüentemente, o desempenho animal (FIGUEIREDO, 2008).

Pesquisas vêm sendo realizadas usando-se enzimas fibrolíticas exógenas com o objetivo de aumentar o valor nutritivo de resíduos da agroindústria para o uso na alimentação de ruminantes. A aplicação de enzimas fibrolíticas exógenas diretamente no alimento promove a liberação de carboidratos solúveis e remove barreiras estruturais que limitam a digestão dos alimentos pelos microrganismos ruminais (BEAUCHEMIN et al., 2000).

O tratamento de resíduos com elevado teor de fibra com enzimas fibrolíticas tem, isoladamente, proporcionado incrementos na degradabilidade ruminal e digestibilidade destes volumosos.

Nos ruminantes, o rúmen-retículo representa o compartimento onde ocorre a digestão dos componentes do alimento pela microbiota ruminal. Desse modo, permite aos mesmos consumir e utilizar alimentos fibrosos e não fibrosos com maior eficiência do que em outros animais (VANS SOEST, 1994).

O método *in vitro* é mais simples e econômico para se obter a digestibilidade dos alimentos e visa reproduzir as condições favoráveis à fermentação do rúmen-retículo, com o uso de líquido ruminal e/ou enzimas fibrolíticas. A técnica apresenta aplicações e vantagens, tais como: a determinação da taxa de digestão e da extensão de digestão, relacionada à digestibilidade do volumoso, que afeta a taxa de passagem e o consumo; a estimativa do consumo do volumoso, que pode ser obtida pela produção fecal dividida pela indigestibilidade do alimento (LANA, 2007). Carciofí et al. (1998) citam também como

vantagem, que o método dispensa o uso de gaiolas metabólicas; não exige a quantificação da ingestão de alimentos e da produção de fezes; a FDN e a FDA apresentam determinação laboratorial fácil e barata; menor custo do experimento.

Lewis et al. (1996) indicaram aumento na degradabilidade *in situ* da MS de 70,8 para 71,1% e da FDN de 63,6 para 64,0%, quando enzimas fibrolíticas foram adicionadas à dieta de ruminantes em comparação ao controle. Através da simulação do ambiente ruminal e da digestão microbiana é que se é possível obter informações sobre a taxa e extensão da degradação dos alimentos (MAURÍCIO et al., 2003), sendo útil na estimativa de consumo (BLÜMMEL e ØRSKOV, 1993), além de apresentar elevada correlação com a degradabilidade aparente e verdadeira *in vitro*, bem como com a degradabilidade ruminal *in vivo* (BLÜMMEL et al., 1997). Tang et al. (2008) relataram que os níveis de enzimas fibrolíticas (celulase e xilanase) de 5,0 e 7,5 g/kg MS proporcionaram os maiores valores nas características da degradabilidade *in vitro* da MS e MO em palhadas de cereais.

Sendo assim, objetivou-se avaliar a degradação ruminal *in vitro* da matéria seca, fibra em detergente neutro e fibra em detergente ácido da casca de café, tratadas com enzimas fibrolíticas exógenas (celulases e hemicelulases).

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento, referente à segunda etapa da pesquisa, foi realizado no Campo Agropecuário e Laboratório de Nutrição Animal da Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - UESB, *Campus* de Vitória da Conquista – BA

As enzimas fibrolíticas exógenas utilizadas são extraídas dos fungos *Aspergillus aculeatus* e *Humicola insolens*. O produto¹ constituiu de celulases e hemicelulases, na forma líquida, de coloração marrom, com densidade de 1,22 g/mL, tendo como condições ótimas para atividade enzimática da celulase 45-50°C e pH 4,5-6,5, e da hemicelulase 40-60 °C e pH 5,0-6,5. Esta última, além da hemicelulase, contém outras enzimas, incluindo β -glucanases, xilanases, arabinases, celulases e pentosanases.

Para a avaliação da atividade das enzimas celulases e hemicelulases, utilizou-se a metodologia descrita por Yoshioka et al. (1981) e Miller (1959). Para o preparo do meio, foram homogeneizados 10 g de farelo de trigo, 10 mL de água destilada e esterilizados. O preparo das enzimas foi feito com 9,95 mL de água destilada e 50 μ L de enzima, sendo utilizados 2 mL da solução. Foi feito controle positivo com solução de glicose a 0,5% em água destilada e outro constituído apenas por farelo de trigo. Após período de incubação de 48 h, os extratos (triplicatas) foram obtidos por filtração com bomba a vácuo, e as leituras das respectivas absorbâncias determinadas em espectrofotômetro, modelo Cintra 20, da GBC em λ de 540 nm. A quantificação dos açúcares redutores dos extratos recuperados, que representam as atividades das enzimas, foram de 51 e 28 mg/mL para celulases e hemicelulases, respectivamente, mostrando a efetividade das enzimas.

A casca de café utilizada nesta pesquisa foi adquirida na Cooperativa Mista Agropecuária Conquistense – COOPMAC. O material foi colocado em bandejas e pesado.

¹Novozymes Latin América Ltda: celulose (NS 50013) e hemicelulose (NS 22022)

Foram utilizados 250 g de casca de café (MN) por unidade experimental, as quantidades de: 2,40; 4,80; 7,20 e 9,60 ml de enzimas, que correspondem respectivamente às dosagens 1,5; 3; 4,5 e 6% de enzimas na base seca, que foram diluídas em água destilada (100 mL/kg MS) na proporção de 50% de celulase e 50% de hemicelulase, sendo posteriormente borrifadas na casca de café.

O material foi homogeneizado e acondicionado em estufa regulada para 45°, para melhor ação das enzimas. Após o término da ação enzimática (24 e 48h), as amostras foram congeladas para cessarem a atividade das enzimas.

As amostras que foram congeladas, posteriormente foram processadas em moinho tipo “Willey” com peneira de crivos de 1 mm. A composição químico-bromatológica do resíduo estudado foi obtida segundo metodologia descrita por Rech et al. (2010).

Para a coleta do líquido ruminal, utilizaram-se uma vaca holandesa, canulada no rúmen, com peso vivo médio de 500 kg, mantidas em pasto de *Brachiaria decumbens* com adicional de 2 kg de casca de café e concentrado por dia, por um período de 15 dias anteriores a coleta. O líquido coletado foi colocado em garrafas térmicas. A solução tampão foi preparada em recipientes pré-aquecidos (39°C). A solução A (g/litro), composta por: 10,0 g KH_2PO_4 ; 0,5 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$; 0,5 g NaCl; 0,1 g $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ e 0,5 g ureia; e a solução B (g/litro): 15,0 g Na_2CO_3 ; 1,0 g $\text{Na}_2\text{S}_9\text{H}_2\text{O}$. As soluções foram misturadas adicionando-se cerca de 266 mL de solução B para 1330 mL de solução A (relação 1:5), a um pH final de 6,8 e temperatura de 39°C.

A determinação da degradabilidade ruminal in vitro da MS, da FDN e da FDA do resíduo, foi realizada de acordo com a metodologia da ANKOM® (ANKOM TECHNOLOGY, 2010), adaptada ao rúmen artificial, utilizando a incubadora TE-150 (TECNAL). Foram pesados 0,5 g de amostra seca em sacos de filtro (F-57 ANKOM®), que em seguida foram vedados utilizando-se uma seladora com lâmina incandescente. Os sacos foram colocados em seis jarros de incubação de vidro, sendo 25 amostras por jarro. Cada jarro corresponde a um dos tempos de incubação, sendo 0 (lavados diretamente), 6, 24, 48, 96 e 120 horas.

Após o período de incubação, os sacos de filtro foram retirados e lavados em água corrente, até o total clareamento, por aproximadamente 5 min. Após a lavagem, todos os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada (65 °C/48 h), e na sequência, em estufa não-ventilada (105 °C/4 h), acondicionados em dessecador e pesados.

A determinação da degradação da FDN foi efetuada de acordo com a metodologia ANKOM® (ANKOM TECHNOLOGY, 2010), com o uso do aparelho para determinação da

fibra TE-149 (TECNAL). Após a digestão em detergente neutro por 1 h a 100 °C, os sacos de filtro foram lavados em água quente 4 vezes durante 5 min, e acetona durante 5 min. Após esse tratamento, os sacos foram secos em estufa de ventilação forçada (65 °C/48 h) e em estufa não-ventilada (105 °C/4 h), acondicionados em dessecador e pesados.

Foi utilizado o modelo de Ørskov & McDonald (1979) para a estimativa da degradabilidade potencial da MS e parâmetros da cinética da degradabilidade ruminal da casca de café, de acordo com a fórmula: $p = a + b(1 - e^{-c \cdot t})$, em que “p” é degradabilidade potencial; “a”, fração solúvel em água; “b”, fração potencialmente degradável; “c”, taxa de degradação da fração “b” (h⁻¹) e “t”, tempo de incubação (h).

Para a fração fibrosa (FDN), foi utilizado o modelo de Mertens & Loften (1980), de acordo com a fórmula: $\hat{Y} = b \times e^{-c \times (T-L)} + I$, quando $t > L$ e $\hat{Y} = b + I$, quando $0 < t < L$, em que “Y” é o resíduo não degradável no tempo T; “b”, a fração potencialmente degradável da fibra (no tempo $t \leq L$, $b = \hat{Y} - I$); “c”, a taxa de degradação de b (h⁻¹); “T”, o período de incubação, em horas; “L”, a latência ou tempo de incubação (h); e “I”, a fração indigestível da fibra.

A degradabilidade efetiva ou real do resíduo foi calculada pela fórmula: $p = a + [(b \times c) / (c + k) \times e^{-(c+k) \times L}]$, em que “k” é a taxa de passagem (MCDONALD, 1981). Utilizaram-se as taxas de passagem de 2, 5 e 8% para o cálculo da degradabilidade efetiva.

2.1 Delineamento Experimental e Tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi o delineamento inteiramente casualizado (DIC), em esquema fatorial 2x4 (dois tempos de ação enzimática e quatro doses de enzimas), totalizando 8 tratamentos. Foram feitas três repetições de cada tratamento.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância. Para avaliação do efeito dos tempos, as médias foram comparadas por meio do Teste F e regressão, para avaliar os efeitos do aumento das doses de enzimas sobre as variáveis-resposta. As médias foram analisadas com o auxílio dos programas estatísticos Statistical Analyses System - SAS (SAS, 2002) e Assistat versão 7.7 (SILVA, 2015)

2.2 Modelo Estatístico (DIC):

$$\hat{y}_{ij} = \mu + t_i + \varepsilon_{ij}$$

\hat{y}_{ij} = é o valor observado para a variável em estudo referente ao i-ésimo tratamento na j-ésima repetição;

μ = constante inerente a todas as observações;

t_i = efeito no nível de enzima i , sendo i o nível de enzima utilizado em relação ao tempo (24 e 48 horas);

ε_{ij} = é o erro aleatório associado à cada observação Y_{ij} .

2.3 Tratamentos

Tratamento 1: Casca de café (1,5% de enzimas e 24 h de ação enzimática) = $RCC_{(1,5;24)}$;

Tratamento 2: Casca de café (3% de enzimas e 24 h de ação enzimática) = $RCC_{(3;24)}$;

Tratamento 3: Casca de café (4,5% de enzimas e 24 h de ação enzimática) = $RCC_{(4,5;24)}$;

Tratamento 4: Casca de café (6% de enzimas e 24 h de ação enzimática) = $RCC_{(6;24)}$;

Tratamento 5: Casca de café (1,5% de enzimas e 48 h de ação enzimática) = $RCC_{(1,5;48)}$;

Tratamento 6: Casca de café (3 % de enzimas e 48 h de ação enzimática) = $RCC_{(3;48)}$;

Tratamento 7: Casca de café (4,5% de enzimas e 48 h de ação enzimática) = $RCC_{(4,5;48)}$;

Tratamento 8: Casca de café (6% de enzimas e 48 h de ação enzimática) = $RCC_{(6;48)}$.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados dos parâmetros da degradabilidade *in vitro* da matéria seca foram afetados ($P < 0,05$) pela interação entre tempos de ação enzimática e níveis de enzimas somente para degradabilidade potencial e fração potencialmente degradável “b” (Tabela 5).

Para os valores da fração “a” (fração solúvel), observou-se uma diminuição desta fração de 32,30% para 28,58% ($P < 0,05$) com o aumento do tempo de ação das enzimas. A exposição à temperatura por um período de tempo maior pode ter feito com que os açúcares solúveis, adquiridos através da ação das enzimas, se complexassem. Em se tratando dos níveis de enzimas, notou-se efeito quadrático para a fração “a”, cujo ponto de máxima se situa em 4,3% de adição de enzimas.

Nos resultados da fração “b” (fração potencialmente degradável), observou-se interação ($P < 0,05$) entre os níveis de enzimas e tempos de ação enzimática, ou seja, os fatores agiram de forma dependente, tendo diferenças significativas entre os tempos de 24 e 48h para as dosagens de 3 e 6% de enzimas. Para 3% de enzimas, observou-se maiores valores desta fração em 24h, já para 6%, esse evento foi verificado em 48h. Em relação aos níveis de enzimas, notou-se não haver efeito destas no tempo de 24h, sendo que no tempo de 48 h notou-se efeito quadrático ($P < 0,05$), cujo ponto de máxima se situa em 3,72% de adição de enzimas.

Para a fração “c” (taxa de degradação da fração b), observou-se não haver diferença significativa ($P > 0,05$) entre os tempos, sendo que, para os níveis enzimas, constatou-se efeitos lineares decrescentes, sendo que a cada 1% de enzimas diminui 0.002 unidades percentuais da taxa de degradação da fração “c”. A fração C é constituída por proteínas associadas à lignina, complexos tânicos-proteicos e produtos de Maillard, os quais resistem ao ataque das enzimas microbianas e do hospedeiro, sendo, portanto, indisponíveis durante a passagem pelo trato gastrintestinal (PEREIRA et al., 2000).

As enzimas fibrolíticas exógenas têm sido conduzidos com o objetivo de aumentar o valor nutritivo dos alimentos volumosos e palhadas na alimentação de ruminantes (BEAUCHEMIN et al., 2000). Segundo esses autores, a aplicação de enzimas fibrolíticas

diretamente no alimento promove a liberação de carboidratos solúveis e remove barreiras estruturais que limitam a digestão dos alimentos pelos microrganismos ruminais.

Tabela 5. Parâmetros médios da degradabilidade ruminal *in vitro* da MS do RCC

TEMPO DE AÇÃO ENZIMÁTICA	ENZIMAS				MÉDIAS	CV (%)	EQUAÇÃO	R ²
	1,5	3,0	4,5	6,0				
a¹ (%)								
24	31,3	33,3	32,7	31,9	32,30A	3,89	y=26,66+2,08x- 0,24x ²	0,92
48	27,4	27,7	30,3	29	28,58A			
Média	29,3	30,5	31,5	30,5	30,44			
b² (%)								
24	44,0a	46,9a	42,4a	42,1b	43,8	4,03	NS	-
48	45,0a	42,6b	43,0a	45,1a	43,9			
C³ (%.h)								
24	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04A	20,38	NS	0,65
48	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03A			
Média	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04			
DP (%)								
24	75,3a	80,2a	75,0a	73,9a	76,1	3,17	NS	-
48	72,4a	70,3b	73,2a	74,1a	72,5			
DE⁴ 2%.h⁻¹ (%)								
24	61,8	63,3	62	59,3	61,6A	2,69	y=60,93-0,48x	0,49
48	57,9	55,3	58,2	55,1	56,6B			
Média	59,9	59,3	60,1	57,1	59,1			
DE⁴ 5%.h⁻¹ (%)								
24	52,4	53	52,8	49,9	52,0A	3,54	y=51,15-0,46x	0,39
48	48	45,8	52,8	48,6	46,9B			
Média	50,2	49,4	50,7	47,5	49,4			
DE⁴ 8%.h⁻¹ (%)								
24	47,4	47,9	48	45,3	47,2A	3,69	y=54,36- 10,3x+3,3x ² - 0,31x ³	0,99
48	43	41,2	43,9	40,6	42,2B			
Média	45,2	44,6	45,9	43	44,7			

¹fração solúvel; ²fração potencialmente degradável; ³taxa de degradação da fração b; ⁴degradabilidade potencial, ⁵degradabilidade efetiva. Médias tempo de ação enzimática, seguidas de mesma letra minúscula em mesma coluna não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

A variação dos valores da fração C confere diferenças importantes nos alimentos, uma vez que resulta em maior ou menor digestibilidade dos carboidratos, pois a fração C reflete efeito na repleção ruminal, acarretando menor disponibilidade energética, em virtude de sua característica de indigestibilidade, promovendo menor consumo potencial por unidade de tempo (VAN SOEST, 1994).

Para a degradabilidade potencial, pôde-se notar interação entre os fatores tempo e ação enzimática ($P < 0,05$), havendo diferença significativa entre os tempos para o nível de 3% de enzimas, sendo que 24h mostrou-se superior à 48h. A equação de regressão dos níveis de enzimas não foi significativa nem para 24 nem para 48h. Mesmo quando não houve interação entre fatores, o nível de 3% de enzimas mostrou-se superior aos demais para todos os parâmetros da MS.

Para as degradabilidades efetivas à 2; 5 e 8% por hora, notou-se que houve diferença significativa ($P < 0,005$) entre os tempos de ação enzimática 24 e 48 h, ocorrendo uma redução da degradação dessas frações de 61,6 e 56,6; 52,0 e 46,9 para 47,2 e 42,2, respectivamente.

Em relação aos níveis de enzimas, para as frações “DE” a 2 e 5%/h, constatou-se efeitos lineares decrescentes ($P < 0,05$), sendo que a cada 1% de enzimas diminui 0,48 e 0,46 unidades percentuais da taxa de degradação da degradabilidade efetiva a 2% e degradabilidade efetiva a 5% por hora, respectivamente. Para a fração “DE” a 8%, o tratamento com níveis de enzimas fibrolíticas teve efeito cúbico e, sendo que nos tempos de 24 e 48h, obteve-se o máximo de ação das enzimas em 4,59%, e o mínimo em 6%.

De acordo com a figura 04, verificou-se um aumento na degradabilidade no nível enzimático a 3%, no tempo de 24 h na MS. De acordo com o Capítulo 1, no qual se verificou haver interação entre os fatores tempo e níveis de enzima somente para FDN e efeito quadrático ($P < 0,05$) no tempo de 24h para a ação das enzimas, quando o ponto de máxima se situou em 3,5% de adição de enzimas, reduzindo o conteúdo de FDN, o que proporcionou um maior conteúdo degradável para MS, mostrando que o nível de 3% de enzimas foi superior aos demais.

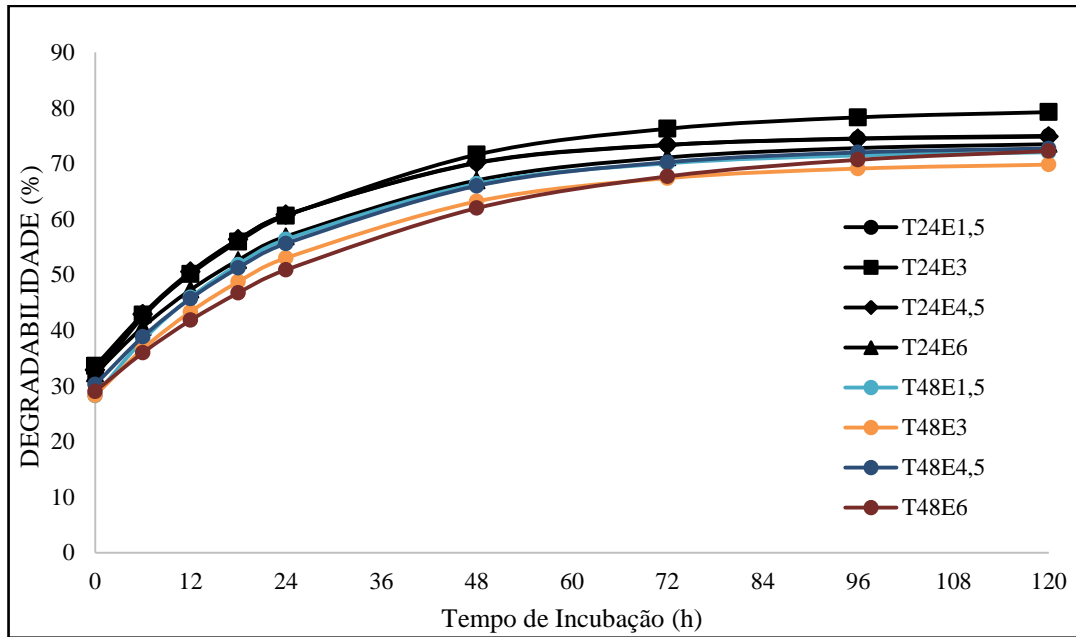


Figura 04. Gráfico da cinética da fermentação ruminal *in vitro* da MS do RCC tratado com enzimas fibrolíticas exógenas.

Yang et al. (1999) afirmaram que a adição de enzimas fibrolíticas promove aumento da colonização da microbiota ruminal, uma vez que a presença de celulases no conteúdo ruminal favoreceu a adesão das bactérias à celulose. No entanto, Martins et al. (2008) não encontraram efeito significativo ($p > 0,05$) da adição de enzimas sobre a degradação ruminal da MS da palha de arroz.

Alvaréz et al. (2009), trabalhando com a aplicação de enzimas sobre a palha de aveia e farelo de trigo, observaram que as enzimas aumentaram a fração solúvel do material tratado (a), mas não foram detectados efeitos sobre a fração potencialmente digestível (b), taxa de degradação da fração “b” (c) e da degradabilidade potencial (a + b). Observaram ainda que a degradação da matéria seca foi maior, quando as enzimas foram pré-incubadas com os volumosos. Martins et al. (2008) constataram que houve interação ($p < 0,05$) da fonte de volumoso (palha de arroz e silagem de milho) e da adição de enzima, para as frações solúvel (a) e potencialmente degradável (b), havendo redução da fração ‘b’ da MS deste volumoso com a adição de enzimas ($p < 0,05$), em consequência do aumento da fração solúvel.

Contudo, nesta pesquisa, as enzimas tiveram efeito significativo ($P < 0,05$) para quase todos os parâmetros da degradação ruminal da MS do RCC, ocorrendo ainda interação entre os níveis de enzimas e fator tempo (24 e 48h) sobre fração potencialmente degradável e degradabilidade potencial, mostrando, diferentemente das pesquisas realizadas pelos autores citados acima, a efetividade das enzimas.

Andrade (2015), que estudou o efeito da adição de enzimas e ureia sobre o resíduo de algodoeiro, verificou que não houve efeito dos diferentes níveis de enzimas sobre a fração solúvel. No entanto, observou um efeito linear crescente para a fração potencialmente degradável, taxa de degradação da fração b, degradabilidade potencial e degradabilidade efetiva a 5 e 8%/h. Dados este que se assemelham a este trabalho científico, no que diz respeito à ação das enzimas sobre a fração potencialmente degradável, taxa de degradação da fração b e, na degradabilidade efetiva a 5 e 8%/h. As enzimas ainda tiveram efeito sobre as frações solúvel e degradabilidade efetiva a 2%/h.

Normalmente, nos volumosos de baixa qualidade, quando sofre amonização ocorre a solubilização parcial da parede celular, permitindo, dessa forma, que os microrganismos do rúmen tenham maior superfície específica para se aderirem e, conseqüentemente, aumentar a degradabilidade ruminal do material (ANDRADE,2014), as enzimas reproduzem esse mesmo efeito sobre a parede celular.

Por conseguinte, constatou-se que os parâmetros da degradabilidade *in vitro* da Fibra em Detergente Neutro (FDN) (Tabela 6), que foram afetados ($P < 0,05$) pela interação entre tempos de ação enzimática e níveis de enzimas, foram somente degradabilidade efetiva ao nível de 8% por hora e período de colonização. Em “DE” a 8%/h, notou-se efeito linear crescente ($P < 0,05$) das enzimas no tempo de 24h, quando a cada 1% de enzimas aumentou 2,4 unidades percentuais da degradação desta fração. Já no tempo de 48, as enzimas se comportaram com efeito quadrático, no qual o ponto de máxima se situou em 4,29% de adição de enzimas, pode-se notar que as enzimas se comportaram melhor no tempo de 24h. Para o tempo de colonização, houve diferenças significativas entre os tempos nas doses de enzimas somente para o nível de 6% de enzimas, tendo valores superiores em 48h. As enzimas mostraram efeitos lineares crescentes ($P < 0,05$), sendo que, a cada 1% de enzimas, aumentou em 0,72 e 4,29 unidades percentuais da taxa de degradação dos tempos de 24 e 48h, respectivamente.

A equação de regressão para a fração “b” não foi significativa nem para 24 nem para 48 h. A equação de regressão para a fração “I” não foi significativa para a média dos tempos (24 e 48h).

Notou-se haver efeito linear decrescente para a fração “c”, na qual a cada 1% de enzimas diminuiu esta fração em 0,003 unidades percentuais e, efeito linear positivo para “DE” a 2 e 5%/quando a cada 1% de enzimas elevou em 0,93 e 1,47 unidades percentuais, respectivamente, estas frações.

Tabela 6. Parâmetros médios da degradabilidade ruminal *in vitro* da FDN do RCC

TEMPO DE AÇÃO ENZIMÁTICA	ENZIMAS				MÉDIAS	CV (%)	EQUAÇÃO	R ²
	1,5	3,0	4,5	6,0				
B¹ (%)								
24	56,9	58,4	55,3	55,0	56,4A			
48	53,7	51,2	53,8	54,6	53,3B	4,33	NS	-
Média	55,3	54,8	54,5	54,8	54,9			
C² (%.h⁻¹)								
24	0,05	0,05	0,05	0,03	0,04A			
48	0,04	0,03	0,03	0,02	0,03B	35,4	y=0,05-0,003x	0,89
Média	0,05	0,04	0,04	0,03	0,04			
I³ (%)								
24	43,0	41,6	44,7	44,9	43,6B			
48	46,3	48,8	46,2	45,4	46,7A	5,27	NS	-
Média	44,7	45,2	45,4	45,2	45,1			
DE⁴ 2%.h⁻¹ (%)								
24	31,3	33,4	34,4	36,6	33,9A			
48	27,3	30,6	33,2	30,0	30,2B	7,26	y=28,62+0,93x	0,78
Média	29,3	32,0	33,8	33,3	32,0			
DE⁴ 5%.h⁻¹ (%)								
24	28,3	31,1	32,6	36,8	32,2A			
48	23,9	29,8	32,6	28,7	28,7B	9,01	y=24,95+1,47x	0,84
Média	26,1	30,5	32,6	32,8	30,5			
DE⁴ 8%.h⁻¹ (%)								
24	25,7a	29,0a	30,9a	30,7a	30,7		¹ y=21,7+2,4x	0,94
48	20,9a	29,0a	32,0a	27,5b	27,4	11,15	² y=25,87+12,05x-1,4x ²	0,99
Tempo de colonização (h)								
24	3,3a	2,3a	1,8a	-0,1b	¹ 6,83		¹ y=9,5-0,72x	
48	4,4a	0,9a	0,6a	1,5a	² 4,4	86,36	² y=9,6-4,29x	0,97
Média	3,85	1,6	1,2	-0,8	5,6			

¹ fração potencialmente degradável ² taxa de degradação da fração b; ³ fração indigestível; ⁴ degradabilidade efetiva. Médias tempo de ação enzimática seguidas de mesma letra minúscula em mesma coluna não diferem pelo teste F a 5% de probabilidade.

Para a fração “b”, coeficiente “c”, fração “I” e “DE” a 2 e 5%/h, pôde-se notar diferença significativa (P<0,05) entre os tempos de ação enzimática (24 e 48h), houve um decréscimo da fração indigestível “I” no tempo de 24, bem como aumento das frações potencialmente degradável “b”, taxa de degradação da fração b “c” e degradabilidade efetiva “DE” a 2 e 5%, o que é desejável, mostrando, assim, que o tempo de 24h foi o melhor.

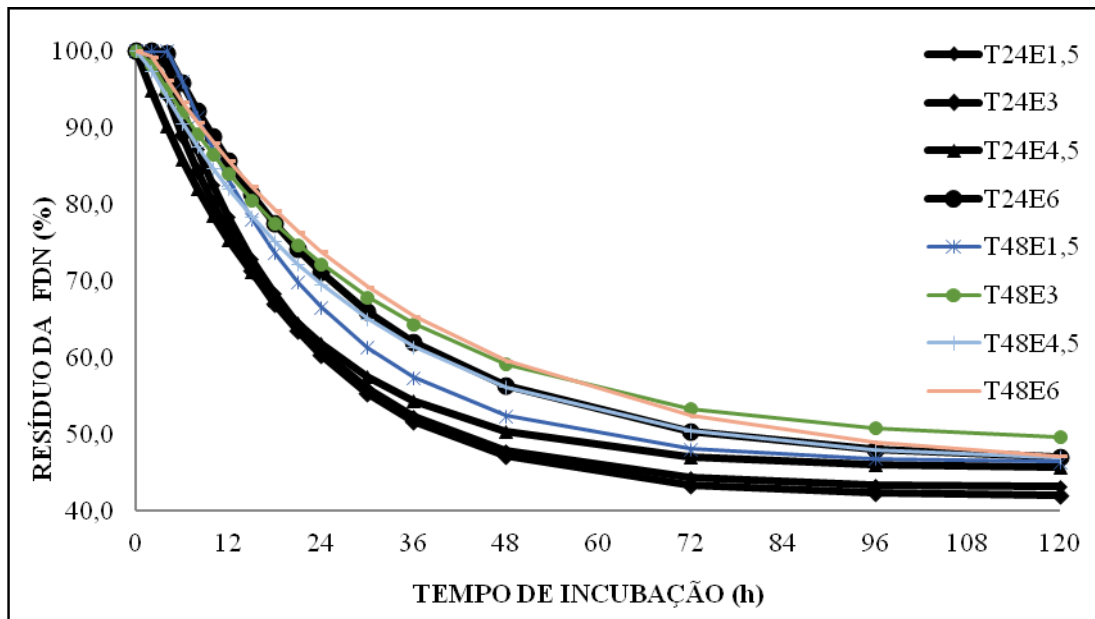


Figura 05. Gráfico da cinética da fermentação ruminal *in vitro* da FDN do RCC tratado com enzimas fibrolíticas exógenas.

De acordo com a figura 05, verificou-se uma redução da fração FDN e, conseqüentemente, uma maior degradação no nível de enzima de 3% no tempo de 24h. Considerando que quanto menor o tempo de colonização mais rapidamente a microbiota ruminal conseguirá degradar o alimento (ANDRADE, 2015), por conseguinte, alimentos que possuem altos teores da fração “I” necessitam de um tempo mais longo para a ação da microbiota ruminal. Baseado nessa afirmativa, faz-se necessário o uso de aditivos que possam melhorar a digestibilidade dessa fração indigerível.

Oliveira et al. (2011), estudando efeitos da ureia e doses de enzimas no bagaço de cana, verificou não haver efeito significativo da interação sobre os parâmetro “b”, “C”, “I”, “DE” 2; 5 e 8%/h e tempo de colonização. Mesmo utilizando um diferente resíduo (casca de café) e diferentes variáveis (tempo e doses de enzimas), obtivemos dados semelhantes aos encontrados pelo autor citado acima, diferindo no tempo de colonização e DE 8%/h.

Martins et al. (2008) verificaram que, para a palha de arroz, houve aumento na DP da FDN ($p < 0,06$) e da hemicelulose com a adição das enzimas. Este resultado evidencia o efeito das enzimas exógenas, que proporcionaram maior permanência dos microrganismos sobre a fibra, aumentando a degradabilidade potencial da fração fibrosa deste volumoso.

Na tabela 7 estão apresentados os parâmetros médios das degradabilidade ruminal *in vitro* da FDA do RCC.

Com exceção de “DE” a 2 e 5%/h, para os demais parâmetros da degradabilidade “*in vitro*” da fibra em detergente ácido, não se observou interação significativa ($P>0,05$) entre os tratamentos tempos de ação enzimática e níveis de enzimas fibrolíticas (Tabela 7). Para “DE” a 2 e 5%/h, apesar de ter havido interação não houve diferenças significativas entre os tempos para todas as dosagens de enzimas. Em ambas as equações de regressão, não foram significativas para o tempo de 24 horas, já no tempo de 48 h, pode-se notar efeito quadrático, cujo ponto de máxima se situa em 4,10 e 4,08%, respectivamente, de adição de enzimas.

Para a fração “b”, “c”, “I”, “DE a 8%” e Tempo de colonização, não se notou diferença significativa ($P>0,05$) entre os tempos de ação enzimática (24 e 48h), os quais, para fração “b”, as enzimas de forma isolada mostraram não ter efeito significativo nem para 24 e nem para 48h; para a fração “c”, nos níveis de enzimas constataram-se efeitos lineares decrescentes ($P<0,05$), sendo que a cada 1% de enzimas diminui 0.003 unidades percentuais da taxa de degradação da fração “c”. Para a fração “I”, “DE a 8%” e Tempo de colonização, as enzimas não mostraram ter efeito.

Tabela 7. Parâmetros médios da degradabilidade ruminal *in vitro* da FDA do RCC

TEMPO DE AÇÃO ENZIMÁTICA	ENZIMAS				MÉDIAS	CV (%)	EQUAÇÃO	R ²
	1,5	3,0	4,5	6,0				
B¹ (%)								
24	48,7	52,1	50,2	48,5	49,9A			
48	47,0	45,6	47,9	50,2	47,7A	7,18	NS	-
Média	47,9	48,9	49,0	49,4	48,8			
C² (%.h⁻¹)								
24	0,05	0,04	0,05	0,02	0,05A			
48	0,06	0,03	0,02	0,02	0,03A	35,4	y=0,05-0,003.x	0,89
Média	0,08	0,04	0,03	0,02	0,04			
I³ (%)								
24	51,2	47,8	49,7	51,4	50,0A			
48	53,0	54,3	52,1	49,7	52,2A	6,84	NS	-
Média	52,1	51,1	50,9	50,6	51,1			
DE⁴ 2%.h⁻¹ (%)								
24	20,6a	26,6a	26,3a	24,2a	24,4		NS	-
48	22,1a	27,0a	26,3a	24,8a	25,0	22,1	y=15,42+5,83x-0,71x ²	0,91
DE⁴ 5%.h⁻¹ (%)								
24	17,8a	23,7a	23,4a	22,6a	21,9		NS	-
48	18,7a	26,0a	25,3a	22,7a	23,2	22,1	y=8,07-8,9x-1,09x ²	0,94
DE⁴ 8%.h⁻¹ (%)								
24	15,5	21,2	20,8	21,2	19,7A			
48	15,9	24,9	24,3	24,3	21,5A	27,13	NS	-
Média	15,7	23,0	22,6	22,6	20,6			
Tempo de Colonização (h)								
24	5,0	4,0	4,1	2,9	4,0A			
48	5,6	1,5	1,4	3,0	2,9A	22,09	NS	-
Média	5,3	2,8	2,8	2,9				

¹fração potencialmente degradável ²taxa de degradação da fração b; ³fração indigestível; ⁴degradabilidade efetiva. Médias tempo de ação enzimática seguidas de mesma letra minúscula em mesma coluna não diferem pelo teste F à 5% de probabilidade.

De acordo com a figura 06, na qual é demonstrado o efeito dos tratamentos nos tempos de incubação sobre a degradabilidade de FDA, observa-se uma redução da fração FDA e, conseqüentemente, uma maior degradação no tratamento com 1,5% de nível de enzima no tempo de 24 h.

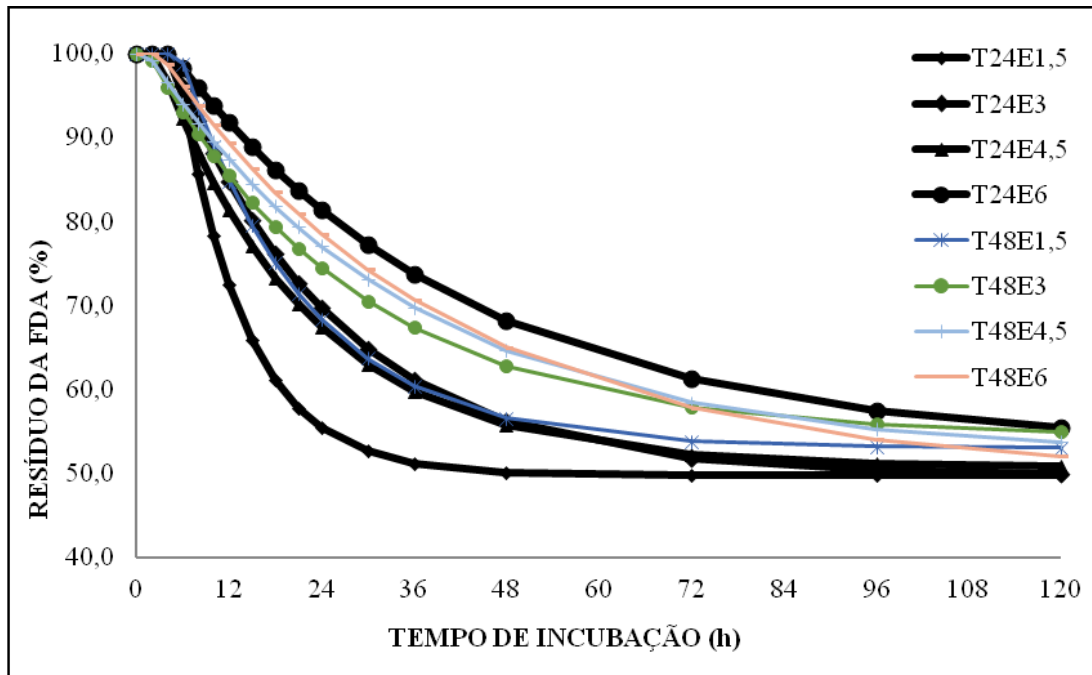


Figura 06. Gráfico da cinética da fermentação ruminal *in vitro* da FDA do RCC tratado com enzimas fibrolíticas exógenas.

Carvalho et al. (2007), estimando os parâmetros ruminiais da fração fibrosa do bagaço de cana tratado com enzimas, verificaram que houve um decréscimo na fração indigestível “I” e conseqüente aumento da fração potencialmente degradável “b”, confirmando a ação efetiva das enzimas para esses parâmetros. Andrade (2015), em pesquisa semelhante, obteve resultados inferiores, quando comparados ao de Carvalho et al. (2007). Apesar de que, para esta pesquisa, também se utilizou um resíduo da agroindústria (casca de café), não foi observado efeito das doses crescentes de enzimas sobre a fração “b” e “I”.

Segundo Vargas et al. (1992) *apud* Ribeiro Filho (1998), o fator determinante e que limita a digestão ruminal da fibra é a taxa de hidrólise, que ocorre sobre os polissacarídeos. A taxa é limitada principalmente pela ação de enzimas, que agem sobre o complexo lignina-polissacarídeos, responsáveis pela degradação da parede celular (CHESSON & FORSBERG, 1988 *apud* BARCELOS et al., 2001). A quantidade de fibra digerida de certo alimento é

dependente de sua fração indigestível e de uma relação existente entre taxa de degradação e a taxa de passagem da mesma pelo trato digestivo, levando a uma grande variação

4. CONCLUSÃO

Baseado nas condições experimentais, concluiu-se que, mesmo não havendo efeito significativo para as variáveis níveis de enzimas e tempo de ação enzimática, constatou-se que, com a adição de enzimas, ocorreu uma melhora na degradabilidade dos parâmetros nutricionais MS, FDN e FDA, sendo 1,5% e 3% de enzimas os melhores níveis e 24 horas o melhor tempo, podendo-se inferir que o tratamento deste resíduo com enzimas fibrolíticas, por um período de 24h, é suficiente. Verificou-se, ainda, que à medida que aumenta os tempos de incubação do RCC, diminui-se a taxa de degradação.

Por conseguinte, a utilização de enzimas pode melhorar a digestibilidade da fração fibrosa e resultar no aproveitamento do resíduo casca de café e, possivelmente de outros resíduos da agroindústria. Estes podem variar na sua qualidade dependendo dos processos empregados, pois a finalidade é produzir um alimento com propriedades zootécnicas e, obviamente, garantir também a sustentabilidade ambiental do processamento do café.

5. REFERÊNCIAS

- ALVAREZ, G.; PINOS-RODRÍGUEZ, J.M.; HERRERA, J.G.; GARCÍA, J.C.; GONZALEZ, S.S.; BÁRCENA, R. Effects of exogenous fibrolytic enzymes on ruminal digestibility in steers fed high fiber rations. **Livestock Science**, v.121, p.150–154, 2009.
- ANDRADE, ALEXANDRO PEREIRA. **Valor nutritivo do resíduo de algodoeira tratado com ureia e enzimas fibrolíticas**. 2015. 119 p. Tese.(Doutorado em Zootecnia, Área de Concentração em Produção de Ruminantes) – Universidade Estadual do sudoeste da Bahia, Itapetinga, BA.
- ANUÁRIO ESTATÍSTICO DO BRASIL. **Aspectos das atividades agropecuária e extração vegetal**. v.60, seção 3, p.1-46, Rio de Janeiro, 2000.
- ANKOM TECHNOLOGY - 08/05, *In Vitro* True Digestibility using the DAISY^{II} Incubator [on line], 2010. Disponível em <<http://www.ankom.com>> Acesso em 15 de julho de 2015.
- BARCELOS, A. F. et al. Fatores Antinutricionais da Casca e da Polpa Desidratada de Café (*Coffea arabica* L.) Armazenadas em Diferentes Períodos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 30, n. 4, jul./ ago. 2001.
- BEAUCHEMIN, K.A .et al. Enzymes and direct fed microbials in diets dairy cows, 2000. **In: Proceedings of the Tristate Nutrition Conference**, p.10, 2000.
- BLÜMMEL, M.; MAKKAR, H.P.S.; BECKER, K. *In vitro* gas production: a technique revised. **Journal of Animal Physiology and Nutrition**, v.77 n.1, p.24-34, 1997.
- BLÜMMEL, M.; ØRSKOV, E.R. Comparison of *in vitro* gas production and nylon degradability of roughage in predicting feed intake in cattle. **Animal Feed Science and Technology**, v.40, p.109-119, 1993.
- CARCIOFÍ, C. A. et al. Uso de indicadores internos na avaliação da digestibilidade aparente de alimentos para gatos - comparação de métodos. **Cienc. Rural**. v.28 . n.2 Santa Maria, 1998.
- CARVALHO, G.G.P.; PIRES, A.J.V.; GARCIA, R.; SILVA, R.R.; MENDES, F.B.L.; PINHEIRO, A.A.; SOUZA, D.R. Degradabilidade *in situ* da matéria seca e da fração fibrosa do bagaço de cana-de-açúcar tratado com uréia. **Ciência Animal Brasileira**, v.8, n.3, p.447-455, 2007.
- FIGUEIREDO, M. P. de et al. Parâmetros Cinéticos da Degradação Ruminal da Casca de Café (*Coffea arabica*, L.) Tratada com Hidróxido de Sódio (NaOH)1. **Ciência Animal Brasileira**, v. 9, n. 1, p. 23-29 jan./mar. 2008.

FIGUEIREDO, M.P. et al. Determinação entre pressão e volume através da fermentação da raiz de mandioca tratada com uréia, feno de tifton 85 e silagem de milho para a instalação da técnica *in vitro* de produção de gás. In: REUNIÃO ANUAL DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ZOOTECNIA, 40, 2003. Santa Maria. **Anais...** Santa Maria. 2003. (CD-ROM).

LANA, R.P. **Nutrição e alimentação animal: mitos e realidades**. 2.ed. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 344p.

LEWIS, G.E. et al. Effect of direct-fed fibrolytic enzymes on the digestive characteristics of a forage based diet fed to beef steers. **Journal of Animal Science**, v.74, n.3, p.3020-3028, 1996.

MARTINS, A. S. et al. Degradação ruminal da silagem de milho e da palha de arroz utilizando enzimas fibrolíticas exógenas. **Acta Sci. Anim. Sci.** Maringá, v. 30, n. 4, p. 435-442, 2008.

MAURÍCIO, R.M.; PEREIRA, L.G.R.; GONÇALVES, L.C. et al. 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. et al. A semi-automated *in vitro* gas production technique for ruminants feedstuff evaluation. **Animal Feed Scienc Technology**. v.79, p.321-330, 1999.

McDONALD, I. 1981. A revised model for the estimation of protein degradability in the rumen. **Journal of Agricultural Science**, v.96, p.251-252, 1981.

MERTENS, D.R.; LOFTEN, J.R. The effect of starch on forage fiber digestion kinetics *in vitro*. **Journal of Dairy Science**, v.63, p.1437-1446, 1980.

OLIVEIRA, F. M. **Hidrólise enzimática do bagaço de cana-de-açúcar pré-tratado com uréia**. 2011. 86 f. tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga-BA.

ORSKOV, E.R.; McDONALD, I. The estimation of protein degradability in the rumen from incubation measurements weighted according to rate of passage. **Journal Agricultural Science**, v. 92, n. 1, p. 499-503, 1979.

PEREIRA, E.S. Determinação das Frações Protéicas e de Carboidratos e Taxas de Degradação *In Vitro* da Cana-de-Açúcar, da Cama de Frango e do Farelo de Algodão. **Rev. Bras. Zootec.** vol.29 no.6 Viçosa Nov./Dec. 2000.

RIBEIRO FILHO, E. **Degradabilidade *in situ* da matéria seca, proteína bruta e da fibra em detergente neutro da casca de café e desempenho de novilhos mestiços em fase de recria**. Lavras: UFLA, 1998. 55p. (Mestrado em Zootecnia) - Universidade Federal de Lavras.

SAS, **Statistical Analysis System**. Software, version 9.1.3 Cary: SAS Institute, 2002.

SCHOFIELD, P. R. E.; PELL, A. N.; Kinetics of fiber digestion from *in vitro* gas production. **Journal of Dairy Science**, v. 72, p.2980-2991, 1994.

SILVA, F.A.S. **ASSISTAT: Versão 7.7 betas**. DEAG-CTRN-UFCG – Atualizado em 01 de maio de 2015. Disponível em. Acessado em: 20 de julho de 2015.

THEODOROU, M. K.; WILLIAMS, B. A.; DHANOA, M. S. A simple gas production method using a pressure transducer to determine the fermentation kinetics of ruminant feeds. **Animal Feed Science and Technology**, Amsterdam, v.48, p.185-197, 1994.

VAN SOEST, P.J. **Nutritional ecology of the ruminant**. Ithaca: Cornell University Press, 1994, p.476.

YANG, W.Z.; BEAUCHEMIN, K.A.; RODE, L.M. Effects of an enzyme feed additive on extent of digestion and milk production of lactating dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v.82, p.391-403, 1999.