



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**Pós-Graduação em Ciências Veterinárias no Semiárido**

André Azevedo Rocha

**Efeito da Substituição de Farelo de Soja por Torta de  
Algodão Moída no Confinamento de Ovinos**

Petrolina – PE  
2016

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**Pós-Graduação em Ciências Veterinárias no Semiárido**

André Azevedo Rocha

**Efeito da Substituição de Farelo de Soja por Torta de  
Algodão Moída no Confinamento de Ovinos**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, *Campus* Ciências Agrárias, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias no Semiárido.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Nunes Lista.  
Linha de pesquisa: Morfofisiologia e Metabologia Animal.

Petrolina – PE  
2016

R672u Rocha, André Azevedo  
Efeito da Substituição de Farelo de Soja por Torta de Algodão Moída no Confinamento de Ovinos / André Azevedo Rocha. -- Petrolina, 2016. 46f.

Dissertação (Mestrado em Ciências Veterinárias no Semiárido) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2016.

Orientador: Prof. Dr. Fábio Nunes Lista.

Referências.

1. Ovinos. 2. Metabolismo. 3. Alimentação. I. Título. II. Universidade Federal do Vale do São Francisco

CDD 636.30852

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO**  
**Pós-Graduação em Ciências Veterinárias no Semiárido**

**FOLHA DE APROVAÇÃO**

André Azevedo Rocha

**Efeito da Substituição de Farelo de Soja por Torta de Algodão**  
**Moída no Confinamento de Ovinos**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Ciências Veterinárias no Semiárido pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

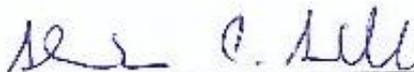
Aprovada em: 29 de abril de 2016.

**Banca Examinadora**



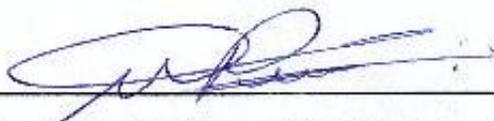
---

Fábio Nunes Lista, Dr., UNIVASF



---

Alexandre Coutinho Antonelli, Dr., UNIVASF



---

Afonso Aurélio de Carvalho Peres, Dr., UFF

À minha mãe Maria e meu pai Crispiniano (*in memoriam*) por  
tudo que me proporcionaram; Ao meu filho Anry por ser  
minha maior motivação por conquistas.

**Dedico.**

## AUTOBIOGRAFIA

Sou André Azevedo Rocha, filho de Maria da Cruz Rocha (doméstica, lavradora) e Crispiniano Jose Rocha (vaqueiro, agricultor), nascido em 17 de dezembro de 1980 na cidade de Juazeiro, Bahia, onde moro atualmente. Sou divorciado e tenho um filho – Anry Sousa Rocha, nascido em 16 de julho de 2010.

Estudei na rede pública de ensino, sendo o primeiro grau realizado no Colégio Municipal Profa. Edualdina Damásio, comunidade de Campo dos Cavalos/ Salitre – Juazeiro – BA, a três km do sitio Vassourinha, onde morei na infância. Em 1997 ingressei no Curso Técnico em Agropecuária da Escola Agrotécnica de Juazeiro – concluindo o mesmo em março de 2000.

De 2000 a 2008, atuei como Técnico em Agropecuária, no Piemonte da Chapada Diamantina, na Bahia, pela APPJ. Entre as atividades desenvolvidas estão: Assistência Técnica e Extensão Rural; Realização de exames parasitológicos de fezes; Cadeias produtivas do mel de abelha, tilápia e leite de cabra; Elaboração de projetos de geração e diversificação de renda na agricultura familiar; e Produção e locução de programas de radiodifusão.

Em 2008 ingressei no Curso de Graduação em Zootecnia da Univasf. Fui bolsista de Extensão (2008-2009) pelo programa Conexões de Saberes; Fiz estágio obrigatório (dez/11 a jan/12) com bovinocultura de leite; Monitoria nas disciplinas de Forragicultura, Pastagens e Plantas Tóxicas, e Técnicas de Conservação de Forragens (março a maio de 2012); Estagiário bolsista, na modalidade não obrigatório, no setor de Forragicultura e Pastagens (mai/12 a abr/13).

Durante a graduação (2008-2013), atuei esporadicamente como extensionista nas áreas de Gestão de Recursos Hídricos e Convivência com o Semiárido pela ARCAS (Cícero Dantas), Diocese de Juazeiro, Sajuc (Sobradinho) e IRPAA (Juazeiro).

Em maio de 2013, antes da colação de grau, fui contratado como coordenador técnico de projetos, nível superior, pelo Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA, onde permaneço até então, atuando nas áreas de Tecnologias e Políticas Públicas de Acesso e Gestão de Água; Produção de Alimentos; Soberania e Segurança Alimentar e Nutricional.

Em 2014 ingressei no Mestrado de Ciências Veterinárias no Semiárido, cuja defesa da dissertação ocorrera em 29 de abril de 2016.

## AGRADECIMENTOS

À Deus, por ter me dado a vida, determinação, paciência, tranquilidade, coragem e força, sobretudo nos momentos mais difíceis, que precisei superar.

À Universidade Federal do Vale do São Francisco, em especial aos professores, professoras e demais colaboradores do colegiado de Pós-graduação em Ciências Veterinárias no Semiárido pela atenção e apoio.

Ao IRPAA, pela aprendizagem de tornar o saber mais útil e pelo apoio.

Ao professor Fábio Nunes Lista, pela competente orientação e pela compreensão, na realização do curso, em particular deste trabalho, e pelos bons exemplos de educador.

À Agroindústria Icofort, pela parceria firmada no suprimento de insumo para realização do experimento, e ao amigo Jackson pela concessão dos animais.

Aos integrantes do grupo de estudo em bovinos – Aline, Adriana, Beatriz, Ivis, Pedro, Bruno, Vinícius, Breno, Paulo e Ílla, pelas contribuições no experimento.

Aos colegas Anderson Miranda, Aline Sant'ana, Alita e Núbia, e a funcionária Marta, pelas valiosas contribuições para realização dos exames de sangue dos animais.

Ao professor Afonso Aurélio pela importante contribuição na avaliação dos dados e suprimento de referencial teórico necessário à avaliação econômica deste trabalho.

Aos professores Daniel Menezes e Alexandre Coutinho, pela contribuição na experimentação e na análise dos resultados deste trabalho.

À Johann Gnadlinger pela tradução de textos.

À minha sobrinha Nivea Solange, pela atenção, cuidado, apoio, incentivo e orientação constante na minha vida pessoal, profissional e acadêmica.

Aos meus irmãos e irmãs Valter, Renilde, João, Vandeci Carlos, Leonice, Valdelúcia, Jurandir, Denivaldo, Eliana, Emanuel, Charles, Cláudio Roberto e Ana Maria, ao meu cunhado Germano e meu sobrinho Anderson Fabiano pelo apoio.

Aos amigos Clérison Belém, Anderson Miranda e Cícero Severo, pelo incentivo e partilha de ideias e/ou materiais.

A todos aqueles que não foram citados, mas que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste curso.

## RESUMO

Subprodutos do algodão têm sido usados na alimentação de ruminantes, no entanto as condições de segurança em função da presença do gossipol e as prováveis vantagens econômicas ainda não estão bem estabelecidas no Semiárido brasileiro. O objetivo desse trabalho foi avaliar os parâmetros sanguíneos, o desempenho produtivo e econômico de ovinos, nos diferentes níveis de substituição do farelo de soja por torta de algodão com 120 ppm de gossipol livre, na alimentação, em diferentes períodos. Foram utilizados 32 ovinos (*Ovis aries*), machos, inteiros, sem padrão racial definido, com idade em torno de 5 meses e peso corporal inicial médio de 23kg. As dietas foram isoprotéicas com 16% PB e relação volumoso:concentrado de 40:60, composta por capim-elefante, milho e farelo de soja, sendo este último, nos tratamentos, substituídos por torta de algodão em 33, 67 e 100% da matéria seca (MS). Foram avaliados o hemograma, o perfil bioquímico, e os desempenhos produtivo e econômico. Os teores séricos de albumina e creatinina, e a atividade de aspartato aminotransferase (AST) e de gama glutamil transferase (GGT) se mantêm dentro de intervalos de referências aceitáveis, juntamente com os parâmetros hematológicos. Os teores de proteína total, ureia e colesterol verificados indicam aporte excessivo de proteína e energia na dieta. O ganho médio de peso diário reduziu-se linearmente em média de 0,08% para 1% de inclusão da torta de algodão. A substituição do farelo de soja por torta de algodão contendo até 120 ppm de gossipol livre, na alimentação de ovinos é viável para cordeiros de 5 meses de idade, quando o confinamento supera 26 dias, sendo o nível de 33% o que proporciona melhor rentabilidade econômica ao sistema de produção, sem efeito adverso na saúde do animal. Por outro lado, a terminação de cordeiros por mais de 68 dias, não apresentou desempenho produtivo atrativo para a atividade, nas condições desse experimento.

**Palavras-chaves:** ruminante, gossipol, metabolismo, terminação, desempenho.

## ABSTRACT

Cotton by-products have been used in ruminant feeding, however the safety conditions as to the presence of gossypol and the probable economic benefits in the Brazilian Semiarid Region are still not well established. Aimed to evaluate blood parameters, productive and economic performance of sheep at different levels of replacing soybean bran by cottonseed cake with 120 ppm of free gossypol, in food, in different periods. For this, 32 five months old uncastrated male sheep (*Ovis aries*) without defined breed and initial body weight of 23kg were used. The diets were isoproteic with 16% CP and a forage: concentrate ratio of 40:60, consisting of elephant grass, corn and soybean bran, the latter, at the trials, replaced by cottonseed cake with 33, 67 and 100% of the dry matter. The haemogram (CBC), the biochemical profile, and the productive and economic performance were evaluated. The serum levels of albumin and creatinine, and the activity of serum aspartate aminotransferase (AST), and gamma glutamyl transferase (GGT) levels are maintained within THE acceptable ranges of references, along with the hematological parameters. The checked levels of total protein, urea and cholesterol indicate excessive intake of energy and protein in the diet. The average daily weight gain was reduced linearly, averaged from 0.08 % to 1 %, by inclusion of cotton cake. The substitution of soybean meal through cottonseed meal, containing up to 120 ppm free gossypol, in sheep feeding is feasible to 5 months old sheep, when confinement exceeds 26 days, if the level is 33 %, which provides better economic profitability to the production system without adverse effect on the health of the animals. On the other hand, the termination of lambs after 68 days did not show attractive production performance for an activity under the conditions of this experiment.

**Key-words:** ruminants, gossypol, metabolism, termination, performance.

## LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E UNIDADES

<b>Gp</b>	Gossipol
<b>%</b>	Porcentagem
<b>mm</b>	Milímetro
<b>GGT</b>	Gama glutamil transferase
<b>AST</b>	Aspartato aminotransferase
<b>FAP</b>	Fator ativador plaquetário
<b>h</b>	Hora
<b>mg</b>	Miligrama
<b>kg</b>	Quilograma
<b>EFSA</b>	Comissão Européia para Segurança Alimentar
<b>g</b>	Gramma
<b>GL</b>	Gossipol livre
<b>PC</b>	Peso corporal
<b>MS</b>	Matéria seca
<b>PE</b>	Pernambuco
<b>Univasf</b>	Universidade Federal do Vale do São Francisco
<b>m<sup>2</sup></b>	Metro quadrado
<b>IR</b>	Intervalo de referência
<b>MS</b>	Matéria seca
<b>PB*</b>	Proteína bruta
<b>EE*</b>	Extrato etéreo
<b>FDN*</b>	Fibra em detergente neutro
<b>ppm</b>	Partes por milhão
<b>MM</b>	Milho moído
<b>FS</b>	Farelo de soja
<b>TA</b>	Torta de algodão
<b>EDTA</b>	Ácido etilenodiamino tetra-acético
<b>VL</b>	Valor monetário líquido
<b>R<sup>2</sup></b>	Coeficiente de determinação.
<b>CV</b>	Coeficiente de variação
<b>U</b>	Unidade de atividade enzimática.
<b>µL</b>	Microlitro
<b>dL</b>	Decilitro
<b>GMD</b>	Ganho médio diário
<b>unid</b>	Unidade
<b>Ef</b>	Eficiência econômica do concentrado
<b>T<sub>0</sub></b>	Tratamento com ração isenta de torta de algodão
<b>T<sub>33</sub></b>	Tratamento com substituição do farelo de soja em 33% por torta
<b>T<sub>67</sub></b>	Tratamento com substituição do farelo de soja em 67% por torta
<b>T<sub>100</sub></b>	Tratamento com substituição do farelo de soja em 100% por torta
<b>P1</b>	Período um
<b>P2</b>	Período dois
<b>P3</b>	Períodos três

## LISTA DE TABELAS

- Tabela 1** – Níveis máximos de gossipol livre permitidos pela legislação da UE em diferentes alimentos de uso animal - - - - - 19
- Tabela 2** – Exposição potencial para gossipol livre pelo gado com base na concentração máxima permitida em farelo de algodão (1.200mg/ kg a 12% de umidade), e as taxas de inclusão máxima recomendada de farelo de algodão para alimento completo - - - - - 23
- Tabela 3** – Proporção dos ingredientes nos concentrados (% na Matéria Seca) e custo para sua obtenção- - - - - 27
- Tabela 4** – Composição químico-bromatológica do capim-elefante (CE), milho moído (MM), farelo de soja (FS) e torta de algodão (TA) e das rações experimentais - - - 27
- Tabela 5** – Médias de proteína total, albumina, creatinina, ureia, colesterol, aspartato aminotransferase (AST) e gama glutamil transferase (GGT), em função dos níveis de substituição do farelo de soja pela torta de algodão moída - - - - - 30
- Tabela 6** – Médias de proteína total, albumina, creatinina, ureia, colesterol, aspartato aminotransferase (AST) e gama glutamil transferase (GGT), e seus respectivos desvios-padrão, em razão dos períodos de medição - - - - - 31
- Tabela 7** – Médias de hemácias, hemoglobina, hematócrito, plaquetas e leucócitos, em função dos níveis de substituição do farelo de soja pela torta de algodão moída - - - - - 34
- Tabela 8** – Médias de hemácias, hemoglobina, hematócrito, plaquetas e leucócitos, e seus respectivos desvios-padrão, em razão dos períodos de medição - - - - - 34
- Tabela 9** – Médias de ganho médio diário (GMD), conversão alimentar, eficiência alimentar, eficiência econômica do concentrado (Ef), concentrado ofertado, receita e despesa, em função dos níveis de substituição do farelo de soja pela torta de algodão moída- - - - - 37
- Tabela 10** – Médias de ganho médio diário (GMD), conversão alimentar, eficiência alimentar, eficiência econômica do concentrado (Ef), concentrado ofertado, receita e despesa, e seus respectivos desvios-padrão, em razão dos períodos de medição - - - - - 38
- Tabela 11** – Valores monetários líquidos obtidos em cada tratamento e período, pelo método de orçamentação parcial- - - - - 39

## LISTA DE FIGURAS

**Figura 1** – Atividade de Aspartato aminotransferase (AST) no soro, expresso em Unidade de atividade enzimática por litro (UI/L) em relação aos níveis crescentes inclusão da torta de algodão na matéria seca do concentrado ----- 33

**Figura 2** – Ganho médio diário (GMD) expresso em quilograma (kg) em relação aos níveis crescentes inclusão da torta de algodão na matéria seca do concentrado - - 36

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b>	14
<b>2 OBJETIVO GERAL</b>	16
<b>2.1 Objetivos específicos</b>	16
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b>	17
<b>3.1 Ovinocultura e confinamento no Semiárido</b>	17
<b>3.2 Gossipol</b>	18
<b>3.2.1 Níveis de gossipol livre nos alimentos</b>	19
<b>3.2.1.1 Níveis de gossipol livre nas sementes íntegras de algodão</b>	19
<b>3.2.1.2 Níveis de gossipol livre nos resíduos de algodão</b>	20
<b>3.2.2 Limite em ovinos</b>	20
<b>3.2.3 Efeitos do gossipol</b>	21
<b>3.2.3.1 Toxidez</b>	21
<b>3.2.3.2 Infertilidade</b>	23
<b>3.2.4 Dinâmica dos efeitos do gossipol livre</b>	23
<b>3.3 Parâmetros sanguíneos</b>	24
<b>3.4 Análise econômica</b>	25
<b>4 METODOLOGIA</b>	26
<b>5 RESULTADOS E DISCUSSÃO</b>	30
<b>6 CONCLUSÕES</b>	40
<b>LITERATURA CITADA</b>	41

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil tem as pastagens como base da sua exploração pecuária (Souza, 2011), no entanto, para viabilizar o abate precoce e melhorar qualidade de carcaça, alguns produtores têm optado, sobretudo, pela terminação (engorda) em confinamento, em que além dos alimentos fibrosos (volumosos), os animais ingerem alimentos de alta energia e facilmente fermentáveis, tais como grãos de cereais e subprodutos da indústria de alimentos.

No Brasil o efetivo de ovinos é da ordem de 17.290.519 cabeças, concentrado nas regiões Nordeste e Sul, as quais são detentoras de 57 e 30%, respectivamente, do rebanho nacional (Brasil, 2013), com uma produção sazonal e inferior à demanda interna ocorrendo importações de carne ovina e de ovinos para abate, de países como Argentina, Uruguai e Nova Zelândia (Vieira *et al.*, 2012). Assim tem sido crescente a prática da terminação em confinamento como uma das estratégias para potencializar a produção, além de ganhos na velocidade de acabamento e na maciez da carne.

No semiárido é comum a suplementação alimentar com concentrados, sobretudo durante a estiagem, onde a escassez de alimentos se agrava, como forma de assegurar a lactação, reprodução ou o desenvolvimento dos animais. Por outro lado, com a crescente valorização da carne ovina no mercado regional, começam surgir criadores de raças especializadas em sistema de criação misto e intensivo, aumentando o uso de concentrados nas dietas.

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é bastante cultivado nas regiões centro-oeste e nordeste do Brasil, sendo o estado da Bahia o segundo maior produtor nacional, entre os estados produtores de pluma e caroço de algodão (Brasil, 2015). Da obtenção da pluma resulta o caroço, e do processamento deste pela indústria de óleos, são originados subprodutos como a torta de algodão com significativo valor nutritivo (rica em proteína e extrato etéreo), sendo usada na alimentação animal (Paim *et al.*, 2010).

Considerando que o custo com alimentação está entre os que mais oneram na produção animal (Zervoudakis *et al.* 2010), a busca por componentes de dietas que possibilitem benefícios econômicos sem comprometer o desempenho animal, muitas vezes se torna imprescindível.

A fonte de proteína da dieta se destaca em virtude de seu grande requerimento e do elevado custo de fontes tradicionais, como o farelo de soja (Pina *et al.*, 2006). De acordo com Peres *et al.* (2015), é consensual a afirmativa de que informações sobre rentabilidade é extremamente importante para a inovação e melhoria de indicadores zootécnicos, bem como para tornar os sistemas de produção mais atrativos.

O caroço, o farelo e a torta de algodão destacam-se como substitutos parcial ou total ao farelo de soja, principalmente em regiões onde se tem o cultivo do algodão e/ou agroindústrias de processamento, que na extração do óleo, geram os subprodutos referidos, disponibilizando-os para o mercado local com preço competitivo (Zervoudakis *et al.*, 2010), o que pode contribuir na redução do custo da dieta dos animais (Pina *et al.*, 2006). Os subprodutos do algodão apresentam elevada quantidade de ácidos graxos, o que pode propiciar maior deposição de gordura na carcaça, e por consequência uma carne de melhor qualidade.

Para Arieli (1998), o baixo incremento calórico resultante da alimentação com caroço de algodão favorece a sua suplementação aos animais, sobretudo em ambientes com altas temperaturas, porém, um elevado teor de gordura e de gossipol (Gp), um fator antinutricional presente nas sementes e em alguns subprodutos do algodão, podem causar efeitos nocivos sobre a atividade microbiana, o que limita a sua inclusão na dieta dos animais. A presença de Gp em quantidades elevadas na dieta, causa toxicidade aos animais em vários sistemas incluindo o reprodutivo, respiratório e cardiovascular (Gadelha *et al.*, 2011), o que pode comprometer o desempenho animal, e consequentemente reduzir a eficiência dos sistemas de produção de animais destinados ao abate.

Apesar das prováveis vantagens econômicas e nutricionais dos subprodutos do algodão para alimentação dos ruminantes, as condições de segurança para o uso deste alimento ainda não foram bem estabelecidas no Brasil (Gadelha *et al.*, 2011). Assim, o conhecimento dos limites de inclusão da torta de algodão na dieta é importante para assegurar o sucesso da criação do ponto de vista sanitário e econômico, sob o clima Semiárido.

## **2 OBJETIVO GERAL**

Objetivou-se avaliar o efeito da inclusão de níveis crescentes de torta de algodão moída em substituição ao farelo de soja na dieta de ovinos machos, confinados, sobre os parâmetros sanguíneos, desempenhos produtivo e econômico.

### **2.1. Objetivos específicos**

- ✓ Avaliar a influência das dietas e do tempo nos níveis hematológicos e bioquímicos do sangue dos ovinos confinados;
- ✓ Avaliar o ganho de peso médio, a conversão alimentar e a eficiência alimentar de ovinos confinados sob as diferentes dietas, no decorrer do tempo;
- ✓ Avaliar a eficiência econômica e a orçamentação da inclusão da torta de algodão em substituição ao farelo de soja para os animais confinados.

### 3 REVISÃO DE LITERATURA

#### 3.1. Ovinocultura e confinamento no Semiárido

No Semiárido brasileiro, onde as precipitações são inferiores à 800 mm/ano e a evapotranspiração potencial pode chegar a 3.000 mm/ano, períodos de estiagens de até 8 meses é considerado comum, ocorrendo significativa sazonalidade na produção de alimentos e exigindo elevada capacidade adaptativa das espécies exóticas a serem criadas (Schistek, 2012).

Entre outros aspectos, por aproveitarem bem a vegetação nativa como fonte de alimento, muitas raças de ovinos, sobretudo as naturalizadas são consideradas adaptadas às condições edafoclimáticas do Semiárido, exercendo um importante papel socioeconômico na vida nas famílias, seja pela disponibilidade de proteína animal para consumo, ou pela geração de trabalho e renda com a venda de carne – principal produto da ovinocultura regional, bem como de esterco e peles. Entretanto, nos períodos de estiagens, quando a vegetação nativa deixa de atender às exigências nutricionais dos animais, a produtividade da ovinocultura é comprometida, ocorrendo paralisação do crescimento e redução de peso, sobretudo nas criações extensivas – principal sistema adotado (Vieira *et al.*, 2012), resultando em baixo desempenho da atividade em boa parte do ano.

A terminação de ovinos em confinamento proporciona um maior ganho de peso aos animais em menor tempo de engorda, possibilitando maior rotatividade do sistema produtivo, regularidade da oferta de carne durante o ano, com carcaças de melhor qualidade, e embora aumente os custos, eleva as taxas de desfrute dos rebanhos e garante um rápido retorno do capital investido (Medeiros *et al.*, 2007; Vieira *et al.*, 2012; Andrade *et al.*, 2014)

Para a composição das dietas no confinamento, são utilizados geralmente o farelo de soja como fonte proteica do concentrado, ou substitutos como os subprodutos do algodão – caroço, farelo e torta. O farelo de algodão é obtido quando são utilizados processos químicos (solventes) e físicos (prensagem) para a extração do óleo. Já, a torta de algodão é obtida quando é utilizada apenas a prensagem (Paim *et al.*, 2010).

Entretanto, a proteína dos subprodutos do algodão apresenta perfil de aminoácidos com menores concentrações de lisina e metionina do que o farelo de soja (Blackwelder *et al.*, 1998), influenciando o desempenho animal e por isso, muitas vezes a sua utilização para animais em crescimento é vista com ressalvas.

### 3.2. Gossipol

No algodão, além de gossipol existem ao menos outros quinze compostos fenólicos, porém sem muita importância toxicológica, pelas baixas concentrações. Há duas formas isoméricas nas quais o gossipol pode ser encontrado: (+)-gossipol ou conjugado, considerado fisiologicamente inativo; e (-)-gossipol (não conjugado), isômero que apresenta importância toxicológica (Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008; Gadelha *et al.*, 2014). Sabe-se ainda que, há variação na proporção entre estas duas formas nos diferentes cultivares, sendo tal variação determinada geneticamente. Os fatores que influenciam os níveis de gossipol no co-produto, são a genética (espécie), pluviosidade e temperatura no ambiente de cultivo e método de processamento adotado na obtenção do óleo, não sofrendo influência do armazenamento (Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008).

Para melhor qualidade do óleo de sementes de algodão, a indústria procura manter a toxina nos resíduos, o que se consegue através de processamento térmico, que faz o gossipol se ligar a aminoácidos, como a lisina e arginina (por reação de maillard), o que impede sua absorção na corrente sanguínea. Além de vapor e calor, que resulta em 0,1-0,2% de gossipol livre restante, a extrusão também é eficaz, reduzindo em 71-78% as concentrações de GL, sem afetar a digestibilidade da proteína. De acordo com “*National Cottonseed Products Association*” (Calhoun *et al.*, 1995) nos Estados Unidos mais de 97% dos co-produtos do algodão são obtidos através de descascamento parcial e processamento com solvente, sendo também a forma mais comum na Europa (Alexander *et al.*, 2008).

Quanto à absorção, distribuição, biotransformação e eliminação do gossipol, há consideráveis diferenças entre as espécies animais. Gossipol livre é facilmente absorvido, enquanto o gossipol ligado é liberado e absorvido de uma forma ainda não bem elucidada. O gossipol é biotransformado no fígado por oxidação/ redução, hidrólise e reações de glucuronidação, sendo principalmente excretado nas fezes. O (+)-gossipol tem uma meia-vida muito longa (>100 h), enquanto que (-)-gossipol é

mais rapidamente removido, 30-48 h, podendo cair para 24 h quando co-administrado com ferro. O gossipol é transferido para os tecidos comestíveis, incluindo músculos e vísceras de ruminantes, aves e peixes, bem como para ovos e, provavelmente para o leite da matriz. No entanto, há muito pouca informação quantitativa sobre as taxas de transferência. Não há informação de identificação da biodisponibilidade de gossipol (incluindo gossipol ligado) em produtos alimentares de origem animal (Alexander *et al.*, 2008).

### 3.2.1. Níveis de gossipol livre nos alimentos

A legislação da União Europeia (EU) dispõe de uma lista de compostos indesejáveis na alimentação animal e dos respectivos teores máximos permitidos em diferentes produtos alimentares, inclusive o gossipol (Tabela 1).

**Tabela 1** – Níveis máximos de gossipol livre permitidos pela legislação da UE em diferentes alimentos de uso animal.

<b>Substancia indesejável</b>	<b>Produtos destinados à alimentação animal</b>	<b>Teor máximo em mg/kg em relação a um alimento com 12% de umidade</b>
Gossipol livre	Algodão	5000
	Torta de algodão e Farelo de algodão	1200
	Alimento completo para bovinos, ovinos e caprinos	500
	Alimento completo para aves (exceto poedeiras)	100
	Alimento completo para coelhos e suínos (exceto leitões)	60

Comissão Europeia para Segurança Alimentar – EFSA (Adaptado de Alexander *et al.*, 2008).

#### 3.2.1.1. Níveis de gossipol livre nas sementes íntegras de algodão

Nas sementes íntegras, o nível de gossipol livre é de cerca de 0,5%. Dentre outros fatores que influenciam a presença de gossipol na planta estão as condições climáticas, havendo correlação positiva com a pluviosidade e negativa com a temperatura e variação genética entre as espécies de algodão, sendo que *G. barbadense* apresenta maior concentração do que *G. hirsutum*. Por outro lado, o

armazenamento do algodão tem muito pouca influência sobre o conteúdo de gossipol (Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008; Gadelha *et al.*, 2011).

De acordo com Alexander *et al.* (2008), na República Tcheca e França o teor de gossipol livre pode variar de cerca de 2000 a 8400 mg/kg no caroço de algodão. No óleo de algodão refinado não se encontra gossipol livre, já o gossipol total pode variar de 0 a 900 mg/kg.

### **3.2.1.2. Níveis de gossipol livre nos resíduos de algodão**

Nos resíduos, o teor de gossipol livre varia de 0,1 a 0,5%, quando é feita a extração do óleo por solventes, podendo alcançar menor concentração de gossipol livre em farelo, quando se realiza extrusão ou expansão antes da extração. Nos processos mecânicos de extração, mas que envolvem pressão e tratamento térmico, ocorre redução para cerca de 0,05% (Cheeke, 1998; Gadelha *et al.*, 2011).

Para Alexander *et al.* (2008), o teor de gossipol livre na torta algodão varia de 129 a 6900 mg/kg do alimento, sendo influenciado pelo uso de solvente, retirada da casca das sementes e prensagem.

### **3.2.2. Limite em ovinos**

Considerando o efeito dose-dependente do crescimento de cabras alimentadas com gossipol por 90 dias, Alexander *et al.* (2008) descrevem como limite a dose de 15 mg GL/kg PC/dia.

Nunes *et al.*, (2010) estudando caprinos e Guedes & Soto-Blanco (2010) trabalhando com ovinos, ambos alimentados com uma dieta contendo 0,5 kg de torta de semente de algodão/animal/dia, por um período de 120 dias consecutivos, não encontraram efeitos prejudiciais sobre a qualidade do sêmen quanto aos aspectos: volume, concentração, motilidade, e anomalias.

Para Absalan *et al.* (2011), o consumo de MS, a conversão alimentar de cordeiros, o ganho de peso médio diário e peso da carcaça são melhores com a inclusão associada de 8 e 4% de caroço inteiro e farelo de algodão, respectivamente, na dieta, e que a inclusão do mesmos ao nível de 16 e 1%, afetaram algumas características de desempenho de forma negativa. A inclusão do algodão também melhorou a morfologia e criptas do intestino delgado.

Para Alexander *et al.* (2008), ovinos podem tolerar até cerca de 30 mg/kg PC/dia de gossipol livre, sem apresentar efeitos adversos sobre a saúde clínica e sangue, no entanto níveis acima de 2-3 mg GL/kg PC/dia já são suficientes para causar lesões histopatológicas principalmente no coração.

El-Mokadem *et al.* (2012), estudando o efeito do gossipol livre na dieta de carneiros, nas concentrações de 9 e 14 mg/kg de peso corporal (nível baixo e alto de gossipol, respectivamente), além da dieta controle (0% gossipol), com e sem suplementação de selênio na dose de 1 mg de selenito de sódio/animal/dia, concluiu que independente de selênio, o aumento do nível gossipol livre na dieta induz efeitos adversos sobre a qualidade do sêmen, mas que independentemente dos níveis de inclusão de gossipol, a suplementação de selênio neutraliza com sucesso a maioria dos efeitos, além de aumentos significativos em parâmetros como libido, volume de ejaculado e concentração espermática. O efeito positivo do selênio provavelmente esteja relacionado à função antioxidante, uma vez que sinais de toxicidade por gossipol têm sido relacionado com a redução dos níveis de antioxidante e o aumento na formação de espécies reativas de oxigênio.

De acordo com Viana (2011), o caroço de algodão e os coprodutos oriundos da extração do óleo (torta de algodão e farelo de algodão) podem ser incluídos na dieta de ovinos em até 20% da dieta, ou em 40% do concentrado, sem acarretar diminuição no desempenho animal, depreciação da carcaça nem intoxicação, pelo menos por um período de até 90 dias.

Como considerações gerais, temos que, estudos sobre efeitos de gossipol em ovinos são mais escassos que em bovinos, na literatura. Histologicamente parecem mais sensíveis, com relatos da ocorrência de lesões nos tecidos em doses de 2-3 mg/kg PC/dia (Alexander *et al.*, 2008). Do ponto de vista do desenvolvimento do corpo podem tolerar até 14-15 mg GL/kg PC/dia, sendo que 9 mg/kg PC/dia já são prejudiciais ao sistema reprodutivo, efeito esse passível de neutralidade com a suplementação de selênio (El-Mokadem *et al.*, 2012).

### **3.2.3. Efeitos do gossipol**

#### **3.2.3.1. Toxidez**

Concentrações elevadas podem ocasionar envenenamento agudo, no entanto ocorre também efeito cumulativo que pode levar a toxidez no decorrer de um a três meses de ingestão na dieta (Soto-Blanco, 2008; Gadelha *et al.*, 2011). Monogástricos são mais suscetíveis, assim como ruminantes imaturos, cujo rúmen ainda não seja funcional. Porém adultos podem ser acometidos quando a concentração de gossipol livre ingerida supera a capacidade de desintoxicação ruminal (Willard *et al.*, 1995).

Os sinais gerais de toxidez aguda incluem dificuldade respiratória, anorexia redução na taxa de crescimento e no ganho de peso, fraqueza, apatia e morte após vários dias (Soto-Blanco, 2008; Alexander *et al.*, 2008; Gadelha *et al.*, 2014). Nos exames de necropsia encontram-se edema pulmonar, gastroenterite, necrose hepática centrolobular, lesões renais e cardiovasculares, e degeneração do miocárdio. A anemia é frequentemente observada em animais alimentados com algodão, provavelmente pela formação do complexo ferro-gossipol, inibindo a absorção deste metal e conseqüente deficiência na eritropoiese – produção de glóbulos vermelhos.

Para Lindsey *et al.*, (1980) uma diminuição do hematócrito e da concentração de hemoglobina pode decorrer de alteração no metabolismo do ferro e aminoácidos, provocado pelo gossipol – ligação direta, reduzindo disponibilidade desses nutrientes. Um eventual aumento de proteína plasmática na fase inicial da exposição ao gossipol pode ocorrer como indicativo de hemólise, liberando hemoglobina em excesso no plasma, voltando ao normal em 13 semanas. O efeito predominante do gossipol sobre parâmetros sanguíneos é depressão significativa de albumina, globulinas e proteína total (Risco *et al.*, 1992, Gadelha *et al.*, 2011). Alguns sinais clínicos de intoxicação por gossipol têm sido atribuídos à redução de antioxidantes em tecidos e aumento na formação de espécies reativas de oxigênio, produzindo peroxidação de lipídeos, além de prejudicar a geração de energia por interferir na cadeia mitocondrial de transporte de elétrons e fosforilação oxidativa (Tso & Lee, 1982).

Pesce (2008) discorre que dezenas de artigos literários mostraram não haver diferença no consumo de matéria seca por bovinos, quando semente integral de algodão foi incluída na proporção de até 25% da dieta, e que o limite de ingestão máxima diária por ruminantes adultos para que não ocorra intoxicação é de 25 g de gossipol livre.

### 3.2.3.2. Infertilidade

Em níveis menores que os causadores de toxicidade, o gossipol afeta gametogênese masculina e feminina (Alexander *et al.*, 2008), e promove lesões embrionárias (Gadelha *et al.*, 2011). O efeito anti-fertilidade masculina é dose-e-tempo dependente, podendo causar inibição da motilidade espermática, redução na concentração do sêmen, e induz lesão mitocondrial específico para cauda do espermatozóide e epitélio germinativo (Randel *et al.*, 1992). O gossipol afeta o ciclo estral, gravidez e desenvolvimento embrionário inicial, aumentando a ocorrência de abortos, provavelmente por citotoxicidade direta (Randel *et al.*, 1992), talvez resultante da geração de radicais livres, da indução de apoptose ou da alteração do transporte iônico nas membranas aumentando o cálcio intracelular o que compromete a função ovariana (Gadelha *et al.*, 2014).

### 3.2.4. Dinâmica dos efeitos do gossipol livre

Os efeitos do gossipol são cumulativos, e podem surgir abruptamente após um período variável de ingestão (Cheeke, 1998; Soto-Blanco, 2008). Os efeitos na fertilidade de machos não foram verificados em todas as espécies, assim como podem ser revertidos após a suspensão do fornecimento (Gadelha *et al.*, 2014).

**Tabela 2** – Exposição potencial para gossipol livre pelo gado com base na concentração máxima permitida em farelo de algodão (1.200 mg/kg a 12% de umidade), e as taxas de inclusão máxima recomendada de farelo de algodão para alimento completo.

Ruminante	Total MS Ingerida (kg/dia)	Conc. ingerido (Kg/dia)	Taxa de inclusão do FA (%)	Ingestão de gossipol livre		
				mg/dia	mg/kg de dieta	mg/kg/pc/dia
Vaca leiteira	22	14	15	2864	130	4,4
Vaca em aleitamento	16	5	15	1023	64	1,9
Bovinos em crescimento	8	4	20	1091	136	3,6
Ovelhas lactantes	1,8	1,5	10	205	114	2,9
Cordeiro em crescimento	0,6	0,45	10	61	102	3,1
Cabras leiteiras	2,2	1,5	15	307	140	4,7

Fonte: Ewing (1998)

FA: Farelo de algodão. Conc.: Concentrado. MS: Matéria seca

O rúmen detoxifica parte do gossipol por diluição, redução da absorção ou unindo-o às proteínas que contêm aminoácidos livres, impedindo seu metabolismo (NRC, 2001; Gadelha *et al.*, 2011).

### 3.3. Parâmetros sanguíneos

Valores hematológicos e bioquímicos da espécie ovina são amplamente utilizados como referência para avaliar o estado de saúde dos animais, sendo influenciados por fatores como raça, idade, sexo, estado fisiológico, atividade muscular, dieta e condições ambientais do local de criação, em virtude da variação nas necessidades nutricionais, energéticas e metabólicas do animal (Madureira *et al.*, 2013; Bezerra *et al.*, 2013). Valores fora do intervalo de referência para a espécie, quanto a certas enzimas, células e demais constituintes sanguíneos pode ser indicativo de degenerações celulares no próprio sangue ou em órgãos como o fígado (Menezes *et al.*, 2012). Assim o perfil metabólico do animal pode assinalar a ocorrência de alterações na capacidade de homeostase González *et al.* (2000).

Concentrações séricas de proteína total, albumina e ureia podem ser utilizadas como indicativo do metabolismo proteico, sendo influenciadas entre outros fatores pelo aporte proteico da dieta e pela capacidade de síntese no fígado (González *et al.*, 2000). O teor de creatinina no plasma pode ser utilizado para avaliar o funcionamento renal (Lopes *et al.*, 2007; Baynes & Dominiczak, 2010).

De acordo com Peixoto & Osório (2007), o status energético em ruminantes pode ser avaliado por meio do teor de colesterol sanguíneo. Ao passo que o funcionamento hepático pode ser avaliado pela atividade de Gama glutamil transferase (GGT) – um marcador enzimático sérico valioso sensível a doenças hepáticas, e pela Aspartato aminotransferase (AST) – enzima intracelular com função de transferências de grupo amino na conversão de aminoácidos presentes em músculos e fígado (Lopes *et al.*, 2007).

A contagem de eritrócitos, o hematócrito e a dosagem de hemoglobina são exames de elevada praticidade e interpretados em associação com outros parâmetros pode ajudar no monitoramento do nível de hidratação animal e no diagnóstico de doenças que afetam direta ou indiretamente o sistema circulatório (Lopes *et al.*, 2007).

De acordo com Lopes *et al.* (2007), a contagem de leucócitos – glóbulos brancos integrantes do sistema imunológico, e de plaquetas – fragmentos em formato de disco que tem função de proteger a integridade vascular, podem ser utilizados para avaliar o estado de saúde do animal. Os leucócitos se constituem de basófilos, neutrófilos e eosinófilos e atuam na síntese de várias substâncias imunológicas a exemplo de histamina, heparina e fator ativador plaquetário (FAP).

### **3.4. Análise econômica**

O sistema de avaliação econômica é um conjunto de procedimentos administrativos que registra, de forma sistemática e contínua, a efetiva remuneração dos fatores de produção empregados nos serviços rurais (Santos & Sonia, 2002). Esta análise pode ser feita, tanto para o empreendimento como um todo, quanto para setores individuais – análise setorializada (Borges e Bresslau, 2001).

Segundo Barros *et al.* (2009), para se aumentar a produção de carne e atender um mercado cada vez mais exigente e competitivo, faz-se necessário analisar não somente os aspectos produtivos, mas também econômicos para que se proceda nas ações gerenciais e administrativas, visando à maximização dos resultados econômicos.

Para analisar as decisões que serão tomadas em alguma fase do processo produtivo, ou seja, decisões parciais na organização do sistema de produção, como por exemplo, a substituição de algum ingrediente na composição da ração balanceada fornecida para os ovinos, uma das técnicas utilizadas é a orçamentação parcial, em que é avaliada a relação benefício-custo do ingrediente substituído em relação ao substituído (Noronha, 1981).

## 4 METODOLOGIA

O experimento foi realizado no período de janeiro a abril de 2015, no Campus de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), situado no Projeto de Irrigação Senador Nilo Coelho, em Petrolina – PE. A área experimental está localizada em latitude de 09°19'16" Sul e longitude de 40°33'43" Oeste, a uma altitude de 373 m. Segundo Reddy & Amorim Neto (1983), utilizando a classificação de Köppen, o clima da região é tropical semiárido, tipo BSwh, caracterizado pela escassez e irregularidade das precipitações, com chuvas no verão e forte evaporação em consequência das altas temperaturas.

Foram utilizados 32 ovinos (*Ovis aries*), machos, inteiros, sem padrão racial definido, hígdios, com idade em torno de 5 meses e peso corporal inicial de 23,4±3,2 kg, após período de adaptação, sendo ±0,5 kg a maior diferença entre as médias dos grupos-tratamento. Antes do início do experimento e no P2, os animais foram submetidos a exame parasitológico, sendo vermifugados em P2. Os mesmos foram confinados em baias individuais de alvenaria com 2,0 m<sup>2</sup> de área cada, contendo comedouro e bebedouro. A duração do experimento foi de 95 dias, antecedido de 15 dias de adaptação às dietas e ao manejo. Ao final do experimento os animais apresentaram PC de 39,0±4,5 kg e idade em torno de 8 meses.

As dietas avaliadas no experimento foram isoprotéicas com nível de 16% PB (NRC, 1985; Fernandes *et al.*, 2005), com relação volumoso:concentrado de 40:60, tendo como volumoso o capim-elefante (*Pennisetum purpureum*, Schum) picado *in natura*, e concentrado à base de milho, farelo de soja e/ou torta de algodão, em função dos tratamentos, sendo o tratamento 1 – 0% de torta de algodão (testemunha), tratamento 2 – 33% de TA, tratamento 3 – 67% de TA e tratamento 4 – 100% de TA na MS. As dietas foram elaboradas para atender as exigências proteicas e energéticas de manutenção e de ganho médio de peso de 200 g/dia, considerando um consumo de MS de 3,5% do PC. Os alimentos fornecidos foram pesados individualmente, misturados e em seguida servidos, duas vezes ao dia, às 8:00 e 16:00 horas, *ad libitum*, e os animais tiveram livre acesso à água e sal mineral à vontade (Silva *et al.*, 2010). O ajuste da oferta de alimento foi realizado diariamente e as sobras mantidas em 10%, em função do consumo do dia anterior.

Os alimentos tiveram seus valores nutricionais analisados no laboratório de bromatologia e nutrição animal da Univasf – *campus* Ciências Agrárias, segundo

metodologia descrita por Silva & Queiroz (2002). A análise de gossipol foi efetuada no Labtec Laboratório de Análises Clínicas Ltda. – São Paulo. A composição dos concentrados por tratamento consta na tabela 3 e os indicadores nutricionais dos alimentos são apresentados na tabela 4.

**Tabela 3** – Proporção dos ingredientes nos concentrados (% na Matéria Seca) e custo para sua obtenção.

Ingrediente	R\$/Kg	Níveis de TA (%)				Preço do concentrado (R\$/100 Kg)			
		0	33	67	100	T <sub>0</sub>	T <sub>33</sub>	T <sub>67</sub>	T <sub>100</sub>
MM	0,78	62,9	56,8	48,0	36,0	49,06	44,30	37,44	28,08
FS	1,63	37,1	28,8	17,3	–	60,47	46,94	28,20	–
TA	0,96	–	14,4	34,7	64,0	–	13,82	33,31	61,44
Total	–	100	100	100	100	109,53	105,06	98,95	89,52

Milho moído (MM); Farelo de Soja (FS); Torta de Algodão (TA)

**Tabela 4** – Composição químico-bromatológica do capim-elefante (CE), milho moído (MM), farelo de soja (FS) e torta de algodão (TA) e das rações experimentais.

Itens	CE	MM	FS	TA	Níveis de torta de algodão			
					T <sub>0</sub>	T <sub>33</sub>	T <sub>67</sub>	T <sub>100</sub>
MS (%)	25,0	87,1	88,6	95,5	43,8	43,9	44,1	44,4
PB*	6,2	9,3	45,0	30,0	16,0	16,0	16,0	16,0
EE*	1,5	5,3	1,6	8,5	2,9	3,4	4,0	5,0
FDN*	72,0	9,0	14,0	50,0	35,3	38,6	43,2	49,9
GL (ppm)	0,0	0,0	0,0	120	0,0	10,4	25,0	46,1

\*% na Matéria Seca (MS); PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; FDN = fibra em detergente neutro; GL = gossipol livre.

Foram feitas coletas de sangue de todos os animais no 26<sup>o</sup>, 68<sup>o</sup> e 95<sup>o</sup> de experimento correspondendo ao final de cada período experimental. A coleta de sangue foi feita através da punção da veia jugular de cada animal, antes da primeira refeição, sendo duas amostras de cada animal, uma amostra acondicionada em tubos à vácuo com anticoagulante (ácido etilenodiamino tetra-acético – EDTA) e outra sem anticoagulante. As amostras de sangue contendo EDTA foram utilizadas para exames de hemograma no mesmo dia da coleta, enquanto que as amostras sem EDTA foram centrifugadas para separação do soro, sendo este armazenado em microtubos a -18°C para posterior análise de parâmetros bioquímicos.

As dosagens dos teores de proteína total, albumina, creatinina, ureia, colesterol, e atividade de aspartato aminotransferase (AST) e de gama glutamil

transferase (GGT) no soro foram feitas utilizando kits comerciais (Dole Reagentes<sup>®</sup>). A quantificação de hemácias, hemoglobina, hematócrito, plaquetas e leucócito total foram feitas segundo protocolo descrito por Birgel (1982). As análises foram realizadas no laboratório clínico do Hospital Veterinário da Univasf – *Campus Ciências Agrárias*.

Os animais foram pesados em jejum no 1º, 26º, 68º e 95º dia de experimento para determinação de valores de desempenho produtivo e econômico por período.

Os valores de despesas foram compostos pelo gasto estimado com aquisição de cordeiros, alimentos concentrados e volumoso, sal mineral, medicamentos, água, energia elétrica, combustível e mão-de-obra. As receitas foram compostas pela estimativa de arrecadação com venda de cordeiros para abate e esterco. Foram realizadas tomadas dos preços praticados no mercado local para os itens de produção entre janeiro e abril de 2015. A eficiência econômica (Ef) dos concentrados testados foi determinada pela fórmula:  $Ef = \text{Concentrado consumido} \times \text{Preço do concentrado} / \text{Peso Ganho}$  (Bellaver *et al.*, 1985). Interpreta-se que quanto menor o valor de Ef, melhores serão os benefícios econômicos para o sistema de produção.

A relação custo-benefício da substituição do ingrediente proteico do concentrado foi avaliada pela técnica da Orçamentação Parcial proposta por Noronha (1981), onde são confrontados os benefícios e os custos de cada tratamento contendo níveis de inclusão da torta de algodão, com o tratamento testemunha, separadamente, e em cada período. Considerou-se como benefícios da substituição a entrada de recursos, possivelmente influenciada pela redução no uso da soja e pelo ganho de peso obtido com a torta de algodão, e como custos o dispêndio de recursos para aquisição da soja ou da torta de algodão. Utilizou-se na análise, os valores monetários de receitas e despesas obtidas por tratamento em cada período, sendo o valor monetário líquido (VL) calculado pela fórmula  $VL=(B1+B2)-(C1+C2)$ , onde:

- ✓ B1 é a receita obtida com a venda de animais que receberam a dieta contendo o nível de algodão em questão;
- ✓ B2 é a despesa obtida com a ração no tratamento testemunha;
- ✓ C1 é a receita obtida com a venda de animais do tratamento testemunha; e
- ✓ C2 é despesa obtida com a ração oferecida no nível de algodão em análise.

Interpreta-se que do ponto de vista econômico aceita-se a substituição quando  $B > C$  e recusa a substituição quando  $B < C$ . A viabilidade técnica deve sempre ser levada em conta principalmente quando  $B = C$ .

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo as variáveis avaliadas pelo arranjo de parcelas subdivididas. A parcela principal constitui-se dos níveis de inclusão da torta de algodão no concentrado, e a parcela secundária consistiu nos períodos de pesagens e colheitas, com medidas repetidas no tempo. As variáveis estudadas foram interpretadas pela análise de variância e teste de regressão através do programa estatístico SAS Institute (2003). Foi adotado o nível de significância de 5% ( $p \leq 0,05$ ) pelo teste de Tukey. Neste trabalho, os animais foram tratados conforme princípios éticos de experimentação animal, aceitos pela Comissão de Ética no Uso de Animais (CEUA-Univasf) à qual o projeto foi submetido.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Ao analisarmos a proteína total sérica (Tabela 5), verificou-se que não houve influência dos níveis de substituição do FS por TA ( $P>0,05$ ). Por outro lado, quando analisou-se os períodos do confinamento, foi observado que nos períodos mais tardios (Tabela 6) ocorreu aumento de proteína sérica total ( $P<0,05$ ). Todas as dietas e períodos apresentaram valores superiores ao intervalo de referência (IR) proposto por González *et al.* (2000) que foi de 6,8 a 8,8 g/dL e da média encontrada por Batista *et al.* (2009) que foi de 6,9 g/dL para ovinos sadios. Os resultados indicam um aporte excessivo de proteínas na dieta, por conta do uso da TA que contém teor de PNDR mais elevado do que outras fontes proteicas (Andrade, 2014).

**Tabela 5** – Médias de proteína total, albumina, creatinina, ureia, colesterol, gama glutamil transferase (GGT) e aspartato aminotransferase (AST), em função dos níveis de substituição do farelo de soja pela torta de algodão moída.

Variável	Tratamento				EQUAÇÃO	R <sup>2</sup>	CV%
	T <sub>0</sub>	T <sub>33</sub>	T <sub>67</sub>	T <sub>100</sub>			
Proteína total (g/dL)	9,6	9,7	9,6	9,6	Y=9,6	NS	0,4
Albumina (g/dL)	2,5	2,5	2,3	2,5	Y=2,4	NS	1,6
Creatinina (µmol/L)	76,9	82,2	83,1	85,7	Y=82,2	NS	76,8
Ureia (mmol/L)	9,6	9,2	8,1	9,7	Y=9,2	NS	0,6
Colesterol (mmol/L)	1,9	2,2	2,2	2,5	Y=2,2	NS	0,1
GGT (UI/L)	27,2	26,6	26,3	22,8	Y=25,7	NS	25,2
AST (UI/L)	27,4	39,2	46,9	51,4	Y = 0,2386x + 29,295	0,66	18,1

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NS: Não significativo.

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação. CV: Coeficiente de variação. U: Unidade de atividade enzimática.

Em relação aos teores de albumina os ovinos apresentaram valores dentro do IR proposto por Lopes *et al.* (2007) que foi de 2,4 a 3,0 g/dL, exceto no T<sub>67</sub> e P2, em que os valores ficaram abaixo do IR. Não foi observada diferença significativa (Tabela 5) entre os níveis testados ( $P>0,05$ ). No entanto, ao analisar os períodos (Tabela 6), constatou-se diferença ( $P<0,05$ ), sendo observando menores valores no P2. A albumina tem a função de reserva orgânica de proteína e transporte de aminoácidos no sangue, sua síntese ocorre no fígado, e constitui a proteína sérica mais abundante, chegando a 35-50% da proteína total (Lopes *et al.*, 2007), fato este observado no estudo. Segundo González *et al.* (2000) a concentração de albumina sanguínea está em função do aporte de proteína na ração, mas principalmente da capacidade do fígado em sintetizá-la. Outras causas descritas por Rowlands (1980)

são a disponibilidade de aminoácidos frente a outras demandas metabólicas e perdas por parasitismo. Neste sentido, a queda de albumina no P2 pode ser explicada por uma leve infestação de parasitas intestinal, detectada no período P2, mediante exame parasitológico.

Quanto à creatinina, não constatou-se diferença ( $P>0,05$ ) entre os níveis de inclusão da TA ( $Y=82,2$ ) para os ovinos confinados. No entanto, constatou-se diferença entre os períodos ( $P<0,05$ ), verificando-se maiores taxas no P3 (Tabela 6). Apesar das diferenças observadas, os valores médios, quantificados, para creatinina se encontram dentro do IR descrito por Lima *et al.* (2015) que foi de 35,4 a 106,1  $\mu\text{mol/L}$ . Batista *et al.* (2009) encontraram valores médios semelhantes, da ordem de 72,0-77,4  $\mu\text{mol/L}$  em ovinos de diferentes faixas etária (1 a 5 anos). A creatinina, produto final do metabolismo muscular, constitui-se uma substância indesejável, excretada em totalidade, via urina (Lopes *et al.*, 2007) e seu aumento no plasma é indicativo de disfunção renal (Baynes & Dominiczak, 2010), podendo ainda ser resultado de catabolismo proteico ou do excesso de proteína disponível na dieta, fato esse verificado pela análise da proteína total.

**Tabela 6** – Médias de proteína total, albumina, creatinina, ureia, colesterol, gama glutamil transferase (GGT) e aspartato aminotransferase (AST), e seus respectivos desvios-padrão, em razão dos períodos de medição.

Variável	Período		
	1	2	3
Proteína total (g/dL)	9,3 $\pm$ 0,5 <sup>b</sup>	9,7 $\pm$ 0,4 <sup>a</sup>	9,8 $\pm$ 0,5 <sup>a</sup>
Albumina (g/dL)	2,5 $\pm$ 0,3 <sup>a</sup>	2,2 $\pm$ 0,3 <sup>b</sup>	2,6 $\pm$ 0,6 <sup>a</sup>
Creatinina ( $\mu\text{mol/L}$ )	82,2 $\pm$ 8,8 <sup>b</sup>	75,1 $\pm$ 5,3 <sup>c</sup>	87,5 $\pm$ 9,7 <sup>a</sup>
Ureia (mmol/L)	6,5 $\pm$ 3,8 <sup>b</sup>	11,4 $\pm$ 2,6 <sup>a</sup>	10,5 $\pm$ 3,6 <sup>a</sup>
Colesterol (mmol/L)	2,1 $\pm$ 0,6	2,1 $\pm$ 0,5	2,4 $\pm$ 0,4
GGT (UI/L)	27,4 $\pm$ 8,5	24,6 $\pm$ 5,8	25,0 $\pm$ 5,5
AST (UI/L)	38,5 $\pm$ 12,1	40,9 $\pm$ 12,7	44,4 $\pm$ 10,7

a, b, c: Letras minúsculas na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. U: Unidade de atividade enzimática.

Ao analisarmos os teores de ureia no soro verificou-se que as médias dos níveis de inclusão da TA (Tabela 5) independente dos períodos se encontraram dentro do IR proposto como ideal para ovinos por González *et al.* (2000) que foi de 4,0 a 10,0 mmol/L. No entanto, ao analisarmos os períodos do confinamento (Tabela 6) verificou-se que os valores de P2 e P3 foram superiores ao IR descrito pelos

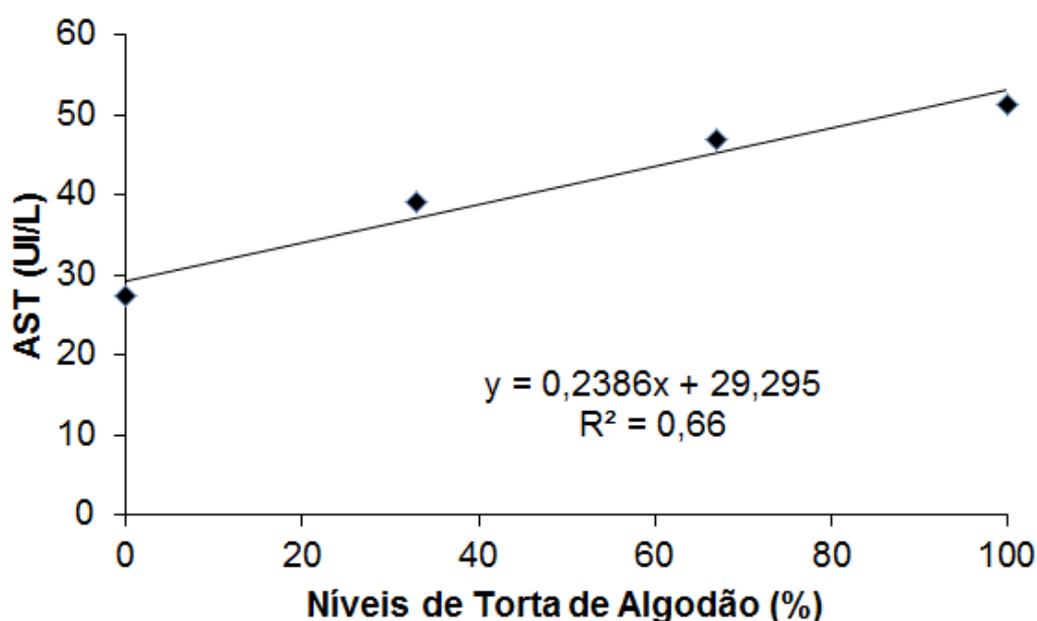
autores ( $P < 0,05$ ). A concentração de ureia plasmática é usada como indicadora do metabolismo proteico, sendo sintetizada a partir da amônia produzida pela degradação dos compostos nitrogenados no rúmen e absorvida pela parede desse órgão, influenciando diretamente os teores de ureia nos líquidos corpóreos (González *et al.*, 2000; Mouro *et al.*, 2002). De acordo com Menezes *et al.* (2006) a principal forma de eliminação do N metabólico em ruminantes é a ureia. Assim, é provável que o excesso de ureia em P2 e P3 seja decorrente do desequilíbrio entre a demanda e a oferta de proteína das dietas para atendimento das exigências nutricionais dos animais confinados.

As dietas apresentaram valores de colesterol acima do IR descrito por Lopes *et al.* (2007) que foi de 1,3 a 2,0 mmol/L, com exceção de T0, não havendo diferença ( $P < 0,05$ ) entre as médias testadas, embora tenham apresentado valores crescente com a inclusão da TA e com o passar do tempo (Tabelas 5 e 6). Para Peixoto & Osório (2007) o colesterol sanguíneo é usado como indicador do status energético em ruminantes, e seus teores tem correlação direta com a energia da dieta. De acordo com Lopes *et al.* (2007), o aumento de colesterol foi encontrado entre outras causas, em animais com dieta rica em gorduras. Assim os valores de colesterol, superior ao IR descrito, encontrados nas dietas contendo TA, pode estar relacionado ao teor de extrato etéreo deste ingrediente na ração, com valor na ordem de 8,5%.

Os valores verificados para GGT se encontraram dentro do IR descrito por Lopes *et al.* (2007) para ovinos que foi de 20 a 52 UI/L, não diferindo entre os tratamentos (Tabela 5). A enzima Gama-glutamil transferase constitui um importante indicador do funcionamento hepático (González *et al.*, 2000).

Ao analisar os valores de Aspartato aminotransferase (AST) verificou-se que foram considerados normais para a espécie avaliada, estando inferior à 90 UI/L  $37^{\circ}\text{C}$ , conforme citado por González *et al.* (2000), de modo que apenas ao superar 90 UI/L  $37^{\circ}\text{C}$  pode ser indicativo de lesão hepática ou muscular. A taxa de AST não foi influenciada ( $P > 0,05$ ) pelo período (Tabela 6), mas cresceu ( $P < 0,05$ ) com a inclusão da TA na dieta na ordem de 0,24UI/L para cada 1% de inclusão (Figura 1). A enzima AST têm por função a transferência de grupos amino, durante a conversão de aminoácidos. Para Lopes *et al.* (2007), o aumento da atividade sérica de AST pode ser interpretada como decorrente de degeneração e/ou necrose de músculos esqueléticos, cardíacos e de hepatócitos, podendo ainda resultar de hemólise ou da

administração de drogas hepatotóxicas. A tendência de crescimento na taxa de AST com a inclusão da TA e com o tempo verificado nesse trabalho, pode ser atribuída a um leve atuação do gossipol, sem ocorrência de manifestações clínicas, uma vez que as médias de picos de consumo de MS no tratamento de maior nível de inclusão da TA foram correspondente à ingestão de  $1,96 \pm 0,17$  mg GL/kg PC/dia, abaixo do limite 3,1 mg GL/kg PC/dia, descrito por Ewing (1998), a partir do qual podem ocorrer efeitos indesejáveis.



**Figura 1** – Atividade de Aspartato aminotransferase (AST) no soro, expresso em Unidade de atividade enzimática por litro (UI/L) em relação aos níveis crescentes inclusão da torta de algodão na matéria seca do concentrado.

A concentração de hemácias não diferiu ( $P < 0,05$ ) entre as dietas (Tabela 7) nem entre períodos (Tabela 8), apresentando valores dentro do IR descrito por Bezerra *et al.* (2013) para ovinos no Semiárido brasileiro que foi de 8,1 a  $11,5 \times 10^6/\mu\text{L}$ . Resultado semelhante foi descrito por Batista *et al.* (2009) com média  $9,1 \times 10^6/\mu\text{L}$  para ovinos deslançados. As hemácias são produzidas na medula óssea e têm como principais funções o transporte de oxigênio e a remoção de dióxido de carbono, por meio da hemoglobina, sendo que seus teores podem ser alterados pelo nível de hidratação animal e ocorrência de enfermidades (Lopes *et al.*, 2007).

Quanto à hemoglobina verificou-se que todos os valores (Tabelas 7 e 8) se encontraram dentro do IR proposto por González *et al.* (2000) que foi de 9,0 a 13,0 g/dL para ovinos, e não sofreu influência das dietas nem do tempo ( $P < 0,05$ ). Valor comum a esse IR também foi descrito por Menezes *et al.* (2012), da ordem de 12,1 g/dL para ovinos no Semiárido brasileiro, assim como Batista *et al.* (2009) com média 9,24 g/dL em ovinos sadios, no estado do Piauí. A hemoglobina é um pigmento transportador de oxigênio, com constituição básica de globina, e seus teores podem ser aumentados em estados de desidratação ou reduzidos na hemólise e na deficiência de ferro, cobre e cobalto da dieta (González *et al.*, 2000).

**Tabela 7** – Médias de hemácias, hemoglobina, hematócrito, plaquetas e leucócitos, em função dos níveis de substituição do farelo de soja pela torta de algodão moída.

Variável	Tratamento				EQUAÇÃO	R <sup>2</sup>	CV%
	T <sub>0</sub>	T <sub>33</sub>	T <sub>67</sub>	T <sub>100</sub>			
Hemácias (cel.x10 <sup>6</sup> /μL)	9,4	9,7	10,2	10,6	Y=10,0	NS	18,09
Hemoglobina (g/dL)	10,9	10,6	10,5	10,2	Y=10,5	NS	13,68
Hematócrito (%)	32,1	32,5	32,9	33,2	Y=32,7	NS	10,27
Plaquetas (plaq.x10 <sup>3</sup> /μL)	499,1	521,9	463,8	461,8	Y=486,6	NS	11,51
Leucócito total (leuc/μL)	6959,3	6606,5	6489,0	7075,8	Y=6782,7	NS	16,38

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NS: Não significativo.

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação. CV: Coeficiente de variação.

**Tabela 8** – Médias de hemácias, hemoglobina, hematócrito, plaquetas e leucócitos, e seus respectivos desvios-padrão, em razão dos períodos de medição.

Variável	Período		
	1	2	3
Hemácias (cel.x10 <sup>6</sup> /μL)	10,0 ± 1,7	9,9 ± 2,1	10,0 ± 1,4
Hemoglobina (g/dL)	10,7 ± 1,4	10,3 ± 1,8	10,5 ± 0,9
Hematócrito (%)	31,5 ± 4,0 <sup>b</sup>	32,7 ± 2,9 <sup>ab</sup>	33,8 ± 2,8 <sup>a</sup>
Plaquetas (plaq.x10 <sup>3</sup> /μL)	495,5 ± 54,4	480,1 ± 55,6	484,4 ± 70,3
Leucócito total (leuc/μL)	6614,9 ± 1220,3	6807,2 ± 1336,3	6926,0 ± 821,5

a, b, c: Letras minúsculas na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Em relação à hematócrito, verificou-se que este não sofreu influência ( $P > 0,05$ ) da adição de TA na dieta (Tabela 7), no entanto aumentou ( $P < 0,05$ ) com a idade, apesar de apresentar valores dentro do IR descrito por Lima *et al.* (2015) em ovinos clinicamente saudáveis, que foi de 32,7±4,0%. Esses valores também superaram os encontrados por Bezerra *et al.* (2013), de 24,9±3,9% e por Batista *et al.* (2009) com

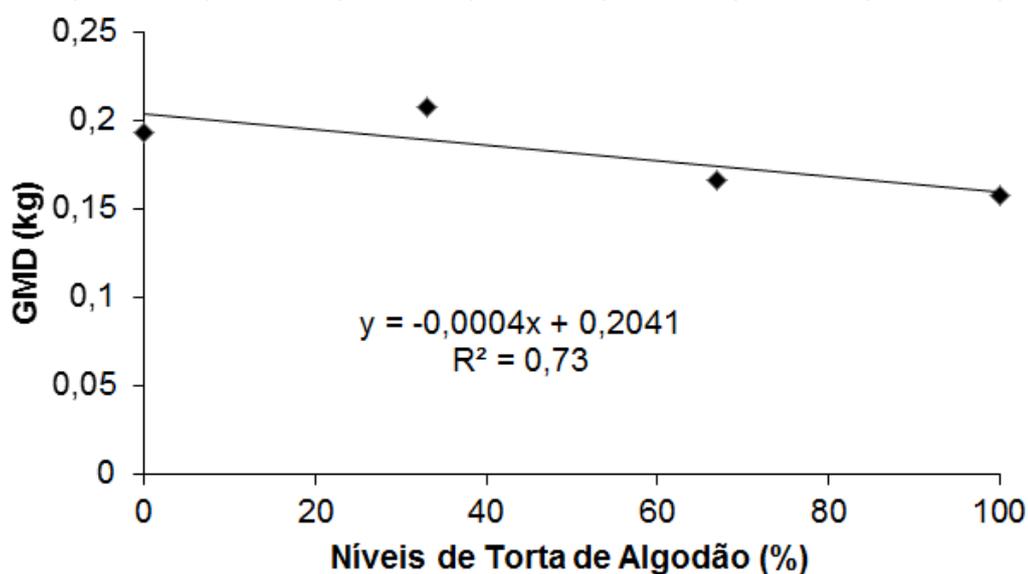
média 28,4% em animais sadios, ambos no Piauí. O hematócrito refere-se ao volume de hemácias no sangue, de modo que nesse trabalho verificou-se seu aumento em P2 e P3. O hematócrito tende a aumentar em condições de desidratação, juntamente com albumina.

Os valores médios de plaquetas não diferiram entre si ( $P < 0,05$ ) e estão de acordo com IR descrito por Lopes *et al.* (2007) que foi de 300 a 600  $\times 10^3/\mu\text{L}$ . As plaquetas atuam no processo de contenção hemorrágica e sua contagem auxilia na interpretação de homeostasia. Uma baixa contagem de plaquetas (trombocitopenia) pode ser indicativo de formação defeituosa das mesmas nos megacariócitos da medula óssea, como em neoplasias, ou da destruição excessiva de plaquetas – por exemplo por anticorpos antiplaquetários (Baynes & Dominiczak, 2010). Enquanto que o aumento do número de plaquetas (trombocitose) pode incluir entre outras causas a deficiência de ferro, neoplasias, desordens no trato digestivo e doenças endócrinas (Lopes *et al.*, 2007).

Ao analisarmos os valores de leucócitos totais, percebeu-se que apresentaram médias próximas à descrita por Bezerra *et al.* (2013) que foi de  $6478,8 \pm 1407$   $\text{unid}/\mu\text{L}$  para cordeiros e dentro do IR proposto por Kramer (2006) que foi de 4.000-12.000  $\text{unid}/\mu\text{L}$ . As diferentes dietas e períodos não alteraram a concentração de leucócitos ( $P < 0,05$ ). Os leucócitos são células cuja função principal é proteger o organismo de infecções, destruindo organismos invasores, diretamente ou por meio de substâncias secretadas (Baynes & Dominiczak, 2010). Na contagem total de leucócitos acima dos valores de referência, tem-se a leucocitose enquanto que diminuição tem-se a leucopenia. A leucocitose pode ser fisiológica – em resposta à estresse, reativa – em resposta à doença, e proliferativa (autônoma) – decorrente de mudança neoplásica de leucócitos. A leucopenia pode decorrer de infecções bacterianas e virais, sobretudo do tecido linfoide (Lopes *et al.*, 2007). Os valores de leucócitos totais encontrados, dentro da faixa de normalidade são condizentes com o estado clínico de saúde e com o desempenho apresentado pelos ovinos, evidenciando que o nível de gossipol ingerido não afetou a sanidade dos animais.

Ao analisar os valores de GMD verificou-se que houve influência ( $P < 0,05$ ) das dietas e dos períodos, ocasionando redução no desempenho animal com a inclusão

da TA (Figura 2) e com o tempo (Tabela 10), da ordem de 0,08% para cada 1% de inclusão da TA e de 1,36% ao dia a partir do 68º de confinamento. Quanto aos níveis de inclusão esse resultado diferiu do verificado por Andrade *et al.* (2014) que não encontrou diferença ( $P>0,05$ ) para GMD ao testar 0 e 51,8% de substituição do FS por TA, com 50% de concentrado na dieta e GMD médio de 0,146 kg, inferior ao encontrado no presente trabalho que foi de 0,182 kg. Nos períodos 1 e 2 os valores não diferiram entre si ( $P>0,05$ ), sendo ambos superiores ( $P<0,05$ ) a P3 que apresentou menor valor (Tabela 10). Em P3 verificou-se um GMD de 0,131 kg, podendo ser considerado satisfatório para animais sem padrão racial definido (SPRD), entretanto o prolongamento do tempo de confinamento nas condições experimentais se mostrou pouco atrativo economicamente, pois o dispêndio de concentrado foi igual à P1 e P2, com GMD inferior, reduzindo a eficiência econômica do concentrado (Tabela 10), o que influenciou negativamente o resultado financeiro. Esses valores são condizentes com os relatados por Cabral *et al.* (2008), em que animais mais leves apresentaram velocidade de crescimento mais acelerada e eficiente em comparação aos animais mais pesados.



**Figura 2** – Ganho médio diário (GMD) expresso em quilograma (kg) em relação aos níveis crescentes inclusão da torta de algodão na matéria seca do concentrado.

Os valores médios para CA e EA não foram influenciados ( $P>0,05$ ) pelos níveis de TA, mas diferiram quanto aos períodos ( $p<0,05$ ), de modo que P1 e P2 foram semelhantes em cada uma dessas variáveis, e melhores que P3 (Tabelas 9 e

10). Como verificado por Cabral *et al.* (2008), á medida em que os animais ganharam peso com o decorrer do tempo de confinamento, pioraram os valores de CA e EA, as quais cresce e decresce, respectivamente, com o aumento do peso corporal.

As médias de CA e EA obtidas nesse trabalho, da ordem de 8,8 Kg MS/Kg ganho e 0,135 Kg ganho/Kg MS ingerida, respectivamente (Tabela 9), para as variáveis citadas foram próximas aos valores descritos na literatura brasileira, para os níveis proteico, energético e relação volumoso: concentrado das dietas estudadas (Medeiros *et al.*, 2007).

**Tabela 9** – Médias de ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA), eficiência econômica do concentrado (Ef), concentrado ofertado, receita e despesa, em função dos níveis de substituição do farelo de soja pela torta de algodão moída.

Variável	Tratamento				EQUAÇÃO	R <sup>2</sup>	CV%
	T <sub>0</sub>	T <sub>33</sub>	T <sub>67</sub>	T <sub>100</sub>			
GMD (kg/dia)	0,194	0,208	0,167	0,158	Y=-0,0004X+0,2041	0,73	15,51
Conversão alimentar (Kg MS/Kg ganho)	8,579	7,782	8,966	9,858	Y=8,799	NS	61,04
Eficiência alimentar (%)	14,5	14,7	12,8	12,1	Y=13,5	NS	29,73
Ef (R\$)	5,00	4,04	4,65	4,07	Y=4,44	NS	19,01
Concentrado ofertado (kg MN/ animal/dia)	0,776	0,769	0,711	0,676	Y=0,733	NS	17,13
Receita obtida (R\$/ animal)	273,78	271,07	261,90	249,61	Y=264,09	NS	15,97
Despesa obtida (R\$/ animal)	259,23	250,78	247,53	233,92	Y=247,87	NS	17,08

\*Significativo a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey. NS: Não significativo.

R<sup>2</sup>: Coeficiente de determinação. CV: Coeficiente de variação.

Os valores médios para concentrado ofertado não foram afetados pela inclusão da TA (P>0,05), sendo influenciados pelo tempo (P<0,05). Do ponto de vista produtivo notou-se que em P1 possibilitou resultado semelhante a P2 em GMD com menor dispêndio de concentrado, e P2 por sua vez teve um dispêndio de concentrado semelhante a P3, mas com desempenho produtivo superior. Esse resultado demonstrou que o prolongamento do confinamento por mais que 68 dias, compreendendo a soma de P1 e P2, provocou perda de produção no sistema.

**Tabela 10** – Médias de ganho médio diário (GMD), conversão alimentar (CA), eficiência alimentar (EA), eficiência econômica do concentrado (Ef), concentrado ofertado, receita e despesa, e seus respectivos desvios-padrão, em razão dos períodos de medição.

Variável	Período		
	1	2	3
GMD (kg/dia)	0,206 ± 0,033 <sup>a</sup>	0,208 ± 0,040 <sup>a</sup>	0,131 ± 0,035 <sup>b</sup>
Conversão alimentar (Kg MS/Kg ganho)	6,826 ± 3,165 <sup>b</sup>	7,815 ± 3,745 <sup>b</sup>	11,850 ± 5,098 <sup>a</sup>
Eficiência alimentar (%)	16,4 ± 4,2 <sup>a</sup>	14,5 ± 4,4 <sup>a</sup>	9,6 ± 3,4 <sup>b</sup>
Ef (R\$/ Kg PC)	3,42 ± 0,33 <sup>b</sup>	3,79 ± 0,65 <sup>b</sup>	6,11 ± 1,52 <sup>a</sup>
Concentrado ofertado (kg MN/ animal/dia)	0,695 ± 0,101 <sup>b</sup>	0,761 ± 0,111 <sup>a</sup>	0,743 ± 0,115 <sup>ab</sup>
Receita obtida (R\$/ animal)	219,84 ± 26,65 <sup>c</sup>	277,21 ± 35,79 <sup>b</sup>	295,21 ± 31,92 <sup>a</sup>
Despesa obtida (R\$/ animal)	200,14 ± 25,59 <sup>c</sup>	250,35 ± 36,01 <sup>b</sup>	293,10 ± 33,23 <sup>a</sup>

a, b, c: Letras minúsculas na mesma linha indicam diferenças estatísticas entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Os valores médios de receitas e de despesas não diferiram ( $P > 0,05$ ) quanto aos níveis de substituição do FS pela TA, mas sim quanto aos períodos ( $P < 0,05$ ), sendo crescentes com tempo em virtude da elevação no preço de comercialização dos animais em decorrência do maior peso corporal obtido.

Os valores médios de Ef não foram significativos estatisticamente ( $P > 0,05$ ) quanto aos níveis de inclusão da TA nas dietas (Tabela 9), no entanto diferiram ( $P < 0,05$ ) em função dos períodos (Tabela 10), sendo P3 pior que os demais. Isso decorreu do GMD em P3 não corresponder ao concentrado consumido, elevando o custo com esse insumo, por unidade produzida em 69,5%, comparado à média de P1 e P2. De acordo com os dados obtidos neste trabalho e observados também por Siqueira *et al.* (1993) e por Cabral *et al.*, (2008), o abate de cordeiros com peso superior a 35 kg, nesse caso alcançado em torno dos 60 dias, pode tornar a atividade de engorda pouco lucrativa ou até inviável, tendo em vista o elevado custo da alimentação dos animais no confinamento. O custo com concentrado correspondeu a cerca de 8% da despesa, atrás da aquisição do animal e mão de obra com 72 e 13%, respectivamente. Por se tratar de valores econômicos, notou-se que independente dos períodos, na experimentação de 95 dias, os níveis de substituição de 33, 67 e 100% proporcionaram redução média de 15% na eficiência econômica do concentrado, o que correspondeu a R\$ 0,75/ kg ganho.

Ao analisarmos os valores financeiros pela técnica da orçamentação parcial que correlacionou os benefícios com os custos envolvidos no sistema de alimentação em questão, verificou-se que em P1 os valores monetários obtidos (Tabela 11) foram negativos, indicando inviabilidade econômica da substituição do FS por TA no referido período, em qualquer nível. Isso implicou dizer que mesmo tendo o FS apresentado preço médio superior à TA em 70%, durante o experimento, seu uso proporcionou benefícios econômicos ao sistema no período 1, seja decorrente do menor dispêndio de concentrado (P1xP2) ou pelo maior desempenho dos animais (P1xP3) (Tabela 10). Entretanto P2 e P3 obtiveram-se valores monetários positivos indicando ser viável economicamente a substituição do FS pela TA, em qualquer nível, onde as perdas de rendimento produtivo decorrentes da inclusão de TA ou do fator animal (idade e peso corporal) serão compensados pelo menor custo do concentrado proporcionado pela inclusão da TA. O maior incremento no valor monetário líquido obtido entre as dietas oferecidas contendo TA se deu no nível de inclusão de 33%, tanto em P2 e P3 quanto no somatório (Tabela 11).

**Tabela 11** – Valores monetários líquidos obtidos em cada período, pelo método de orçamentação parcial, em substituição do FS por TA, nos níveis de 33, 67 e 100%.

<b>Nível de TA</b>	<b>P1</b>	<b>P2</b>	<b>P3</b>	<b>Somatório</b>
<b>33%</b>	-R\$ 2,80	R\$ 12,34	R\$ 7,68	R\$ 17,22
<b>67%</b>	-R\$ 3,55	R\$ 0,71	R\$ 2,30	-R\$ 0,54
<b>100%</b>	-R\$ 3,81	R\$ 1,57	R\$ 5,67	R\$ 3,43

FS: Farelo de soja. TA: Torta de algodão.

## 6 CONCLUSÕES

Os teores séricos de albumina e creatinina, e a atividade de AST e de GGT se mantêm dentro de IR aceitáveis, juntamente com os parâmetros hematológicos.

Os teores de proteína total, ureia e colesterol verificados indicam aporte excessivo de proteína e energia na dieta.

O desempenho produtivo é reduzido com a inclusão da torta de algodão na dieta.

A substituição do farelo de soja por torta de algodão contendo até 120 ppm de gossipol livre, na alimentação de ovinos é viável para cordeiros de 5 meses de idade, quando o confinamento supera 26 dias, sendo o nível de 33% o que proporciona melhor rentabilidade econômica ao sistema de produção, sem efeito adverso na saúde do animal.

**LITERATURA CITADA**

- ABSALAN, M. *et al.* **Feeding of whole cottonseed on performance, carcass characteristics and intestinal morphology of Zandi lambs.** South African Journal of Animal Science 2011, 41 (no. 3).
- ALEXANDER, J. *et al.* **Gossypol as undesirable substance in animal feed.** The EFSA Journal (2008) 908, 1-55. European Food Safety Authority – EFSA, 2008.
- ANDRADE, I. R. A. de. *et al.* **Desempenho produtivo e econômico do confinamento de ovinos utilizando diferentes fontes proteicas na ração concentrada.** Revista Brasileira de Saúde Produção Animal, Salvador, v.15, n.3, p.717-730 jul./set., 2014. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 20/01/2016.
- ARIELI, A. **Whole cottonseed in dairy cattle feed: A review.** Animal Feed Science and Technology. 72, 97-110, 1998. Disponível em: <<http://www.animalfeedscience.com>>. Acesso em: 05/01/2016.
- BARROS, C. S. de. *et al.* **Rentabilidade da produção de ovinos de corte em pastagem e em Confinamento.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.38, n.11, p.2270-2279, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 13/03/2016.
- BATISTA, M. C. S. *et al.* **Hemograma, proteinograma, ionograma e dosagens bioquímicas e enzimáticas de ovinos acometidos por conidiobolomicose no Nordeste do Brasil.** Pesquisa Veterinária Brasileira, Rio de Janeiro, v. 29, n. 1, p. 17-24, 2009. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 14/01/2016.
- BAYNES, J. W.; DOMINICZAK, M. H. **Bioquímica médica** [tradução de Jacyara Maria Brito Macedo... *et al.*] – Rio de Janeiro. Elsevier, 2010.
- BELLAVER, C. *et al.* **Radícula de malte na alimentação de suínos em crescimento e terminação.** Pesquisa Agropecuária Brasileira. V.20, n.8, p.969-974, 1985.
- BEZERRA, L. R. *et al.* **Influência da suplementação concentrada e da categoria animal no hemograma de ovinos da raça Morada Nova** Arquivos Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia. v.65, n.6, p.1738-1744, 2013. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 15/01/2016.
- BIRGEL, E. H. **Hematologia clínica veterinária.** In: BIRGEL, E. H. *et al.* **Patologia clínica veterinária.** São Paulo: Sociedade Paulista de Medicina Veterinária, 1982, p.2-49.
- BLACKWELDER, J. T. *et al.* **Milk production and plasma gossypol of cows fed cottonseed and oilseed meals with or without rumen-undegradable protein.** Journal of Dairy Science, v.81, n.11, p.2934-2941, 1998. Disponível em: <<http://www.journalofdairyscience.org>>. Acesso em: 13/06/2014.

BORGES, C. H. P.; BRESSLAU, S. **Custo de produção do leite de cabra** – Capril Pedra Branca, Bom Jardim, RJ. In: ENCONTRO DE CAPRINOCULTORES DO SUL DE MINAS GERAIS EMÉDIA MOGIANA, 5. Anais... Espírito Santo do Pinhal, 2001.

\_\_\_\_BRASIL – CONAB – COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acomp. safra bras. grãos, v. 2 - Safra 2014/15, n. 9 - Nono levantamento, junho 2015. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 05/01/2016.

\_\_\_\_BRASIL – IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção da Pecuária Municipal**. 2013. Disponível em: <<ftp://ftp.ibge.gov.br>>. Acesso em: 09/03/2016.

CABRAL, L. da S. *et al.* **Consumo e eficiência alimentar em cordeiros confinados**. Rev. Bras. Saúde Prod. An., v.9, n.4, p. 703-714, out/dez, 2008. Disponível em: <<http://revistas.ufba.br>>. Acesso em: 10/02/2016.

CALHOUN, M. C.; KUHLMANN, S. W.; BALDWIN Jr, B. C. **Cotton feed product composition and gossypol availability and toxicity**. Proceedings of the National Invitational Symposium on Alternative Feeds for Dairy and Beef Cattle, St. Louis, MO, p.125-145. 1995.

CHEEKE P.R. **Natural Toxicans in Feeds, Forages, and Poisonous Plants**. 2.ed. 1998. Interstate Publishers, Danville. 479p.

EL-MOKADEM, M.Y. *et al.* **Alleviation of reproductive toxicity of gossypol using selenium supplementation in rams**. Journal of Animal Science, 90:3274-3285. doi: 10.2527/jas.2011-4545 originally published online May 14, 2012. Disponível em: <<http://www.journalofanimalscience.org>>. Acesso em: 31/03/2014.

EWING, W.N. **The Feeds Directory: Commodity Products Guide**. 1998. Context Publications, Ashby de la Zouch, UK, p. 118.

FERNANDES, M. H. M. R.; *et al.* **Metabolismo ruminal e digestibilidade de dietas com alta proporção de concentrado e diferentes teores protéicos para ovinos**. Revista de Medicina Veterinária e Zootecnia (ARS VET), Jaboticabal, SP, Vol. 21, nº 1, 077-085, 2005. Disponível em: <<http://www.arsveterinaria.org>>. Acesso em 17/06/2014.

GADELHA, I. C. N. *et al.* **Efeitos do gossipol na reprodução animal**. Acta Veterinaria Brasilica, v.5, n.2, p.129-135, 2011. Disponível em: <<http://periodicos.ufersa.edu.br>>. Acessado em 21/04/2014.

GADELHA, I. C. N. *et al.* **Gossypol toxicity from cottonseed products**. Programa de Pós-graduação em Ciência Animal, Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, RN, Brazil. The Scientific World Journal. Received 29 January 2014; Revised 4 April 2014; Accepted 16 April 2014.

GONZÁLEZ; F. H. D. *et al.* **Perfil metabólico em ruminantes: seu uso em nutrição e doenças nutricionais.** UFRGS, Porto Alegre, 2000. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br>>. Acesso em: 07/01/2016.

GUEDES, F. C. B. and SOTO-BLANCO, B. **“Sperm Quality of Sheep Fed Cottonseed Cake”.** Acta Scientiae Veterinariae, vol. 38, no. 4, pp. 415–418, 2010.

KRAMER, J. W. **Normal hematology of cattle, sheep, and goats.** In: FELDMAN, B.F.; ZINKL, J.G.; JAIN, N.C. (Ed.) *Schalm's veterinary hematology*, 5.ed. Ames: Blackwell, 2006. p.1075-1084. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 15/01/2016.

LIMA, M. B. de. *et al.* **Intervalos de referência sanguíneos e a influência da idade e sexo sobre parâmetros hematológicos e bioquímicos de ovinos da raça Santa Inês criados na Amazônia Oriental.** ACTA Amazônica, VOL. 45(3) 2015: 317 – 322. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 15/01/2016.

LINDSEY, T. O.; HAWKINS, G. E. e GUTHRIE, L. D. **Physiological Responses of Lactating Cows to Gossypol from Cottonseed Meal Rations.** Journal of Dairy Science. v.63 p.562, 1980. Disponível em: <[www.journalofdairyscience.org](http://www.journalofdairyscience.org)>. Acesso em 18/07/2014.

LOPES, S. T. dos A.; BIONDO, A. W.; SANTOS, A. P. dos. **Manual de Patologia Clínica Veterinária.** 3. ed. – Santa Maria: UFSM/Departamento de Clínica de Pequenos Animais, 2007. 107 p. Disponível em: <<http://www.zoo.ba.gov.br>>. Acesso em: 15/01/2016.

MADUREIRA, K. M. *et al.* **Parâmetros hematológicos e bioquímicos de ovinos da raça Dorper.** Ciências Agrárias, Londrina, v.34, n.2, p.811-816, mar./abr. 2013. Disponível em: <<https://repositorio.ufba.br>>. Acesso em: 05/01/2016.

MEDEIROS, G. R. de. *et al.* **Efeito dos níveis de concentrado sobre o desempenho de ovinos Morada Nova em confinamento.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.36, n.4, p.1162-1171, 2007 (supl.). Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 10/02/2016.

MENEZES, D. R. *et al.* **Parâmetros sanguíneos, hepáticos e ruminais de ovinos alimentados com dietas com farelo de mamona destoxificado.** Pesquisa agropecuária brasileira, Brasília, v.47, n.1, p.103-110, jan. 2012. Disponível em: <<http://www.scielo.br>>. Acesso em: 05/01/2016.

MENEZES, D. R. *et al.* **Balanço de nitrogênio e medida do teor de ureia no soro e na urina como monitores metabólicos de dietas contendo resíduo de uva de vitivinícolas para ovinos.** Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal. 2006, 7 (2); 169-175. Disponível em: <<http://revistas.ufba.br>>. Acesso em: 14/01/2016.

MOURO, G. F. *et al.* **Substituição do milho pela farinha de mandioca de varredura em dietas de cabras em lactação: fermentação ruminal e**

**concentração de ureia plasmática e no leite.** Revista Brasileira de Zootecnia. 2002, 31 (4): 1840-1848. Disponível em: <<http://www.sbz.org.br>>. Acesso em: 14/01/2016.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrient requirements of sheep.** Washington: National Academy Press, 1985. 99p.

NATIONAL RESEARCH COUNCIL – NRC. **Nutrients requirements of dairy cattle.** 7.ed. Washington: National Academy Press, 2001. 381p.

NORONHA, J. F. **Projetos Agropecuários: administração financeira, orçamentação e avaliação econômica.** 1. ed. Piracicaba: Editora FEALQ, 1981, 274 p.

NUNES, F. das C. R. *et al.* **Effects of Gossypol Present in Cottonseed Cake on the Spermatogenesis of Goats.** Journal of Animal and Veterinary Advances 9 (1); 75-78, 2010. Disponível em: <<http://www.medwelljournals.com>>. Acesso em: 30/03/2014.

PAIM, T. do P. *et al.* **USO DE SUBPRODUTOS DO ALGODÃO NA NUTRIÇÃO DE RUMINANTES.** Ciênc. vet. tróp. Recife-PE, v. 13, no 1/2/3, p. 24 - 37 - janeiro/dezembro, 2010. Disponível em: <[www.rcvt.org.br](http://www.rcvt.org.br)>. Acesso em 05/02/2015.

PERES, A. A. C. *et al.* **Análise financeira de sistemas de produção para novilhas em pastagem de Brachiaria brizantha 'Xaraés' suplementadas com mistura mineral.** Archivos de zootecnia. 64 (246): 123-130. 2015. Disponível em: <<http://dialnet.unirioja.es>>. Acesso em: 20/01/2016.

PESCE, D. M. C. **Efeito da dieta contendo caroço de algodão no desempenho, características quantitativas de carcaça e qualitativas da carne de novilhos Nelore confinados.** Tese de Doutorado da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo. Pirassununga, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses>>. Acesso em: 12/01/2016.

PEIXOTO, L. A. de O.; OSÓRIO, M. T. M. **perfil metabólico protéico e energético na avaliação do desempenho reprodutivo em ruminantes.** Revista Brasileira de Agrociência, Pelotas, v.13, n.3, p. 299-304, jul-set, 2007. Disponível em: <<https://periodicos.ufpel.edu.br>>. Acesso em: 19/01/2016.

PINA, D. S. *et al.* **Consumo e digestibilidade aparente total dos nutrientes, produção e composição do leite de vacas alimentadas com dietas contendo diferentes fontes de proteína.** Revista Brasileira de Zootecnia, v.35, n.4, p.1543-1551, 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbz/v35n4/37.pdf>>. Acesso em: 23/04/2014.

RANDEL, R. D.; CHASE, C. C. and WYSE, S. J. **“Effects of gossypol and cottonseed products on reproduction of mammals”.** Journal of Animal Science, vol. 70, no. 5, pp. 1628–1638, 1992.

REDDY, S. J.; AMORIM NETO, M. S. **Dados da precipitação, evaporação potencial, radiação solar global de alguns locais e classificação climática do Nordeste do Brasil**. Petrolina, Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - CPATSA, 280p. 1983.

RISCO, C. A.; HOLMBERG, C. A.; KUTCHES, A. **Effect of graded concentrations of gossypol on calf performance: toxicological and pathological considerations**. Journal Dairy Science. v.75 p.2787-2798. 1992.

ROWLANDS, G. J. **A review of variations in the concentrations of metabolites in the blood of beef and dairy cattle associated with pathology, nutrition and disease, with particular reference to the interpretation of metabolic profiles**. World Review of Nutrition and Dietetics, v.35, p.172-235. 1980.

SANTOS, G. J. dos; SONIA, S.. **Administração de custos na agropecuária**. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2002. 165p.

SAS INSTITUTE. **SAS/STAT user's guide**. Version 9.1. Cary: SAS Institute, 2003.

SCHISTEK, H. **A Bomba D'água Popular**. Instituto Regional da Pequena Agropecuária Apropriada – IRPAA, Juazeiro, BA, 2012. Disponível em: <<http://www.irpaa.org/publicacoes/artigos/bap-artigo-revisado.pdf>>. Acesso em 25 de abril de 2016.

SILVA, D. C. da. *et al.* **Metabolismo dos compostos nitrogenados em ovinos alimentados com dietas contendo farelo de mamona destoxificado**. Acta Scientiarum. Animal Sciences. Maringá, v. 32, n. 2, p. 219-224, 2010. Disponível em: <<http://periodicos.uem.br/ojs/index>>. Acesso em: 23/04/2014.

SILVA, D. J.; QUEIROZ, A. C. **Análise de Alimentos: métodos químicos e biológicos**. 5 ed. Viçosa: Imprensa Universitária, 2002, 235p.

SILVA, R. H. P. *et al.* **Utilização de Subprodutos na Alimentação de Bovinos Leiteiros em Minas Gerais**. Revista Eletrônica Nutritime – ISSN 1983-9006. Vol. 10, N 06, p. 2962–2981, Nov/Dez, 2013. Disponível em: <[www.nutritime.com.br](http://www.nutritime.com.br)>. Acesso em: 04/03/2016.

SIQUEIRA, E.R.; AMARANTE, A.F.T.; FERNANDES, S. **Estudo comparativo da recria de cordeiros em confinamento e pastagens**. Revista de Veterinária e Zootecnia , v.5, p.17-28, 1993.

SOTO-BLANCO B. **Gossypol e fatores anti-nutricionais da soja**, p.531-545. In: Spinosa H.S., Górnica S.L. & Palermo Neto J. (ed.). 2008. Toxicologia Aplicada à Veterinária. Manole, São Paulo.

SOUZA, T. C. de. **Características morfogênicas, estruturais e produtivas do capim-mulato II submetido a diferentes doses de nitrogênio** (Dissertação de Mestrado em Ciência Animal – Universidade Federal do Vale do São Francisco,

Campus de Ciências Agrárias). Petrolina, PE, 2011. Disponível em: <<http://www.univasf.edu.br/~tcc/000002/0000022D.pdf>>. Acesso em: 21/04/2014.

TSO, W. W. and LEE, C. S. “**Gossypol uncoupling of respiratory chain and oxidative phosphorylation in ejaculated boar spermatozoa**”. *Contraception*, v.25, n.6, p.649–655, 1982.

VIANA, P. G. **Desempenho e avaliação da carcaça de ovinos Santa Inês suplementados com caroço de algodão (*Gossypium*ssp.) e seus co-produtos**. Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da Universidade de Brasília, 2011. Dissertação de Mestrado. Disponível em: <<http://repositorio.unb.br/bitstream>>. Acesso em: 15/02/2016.

VIEIRA, M. M. M. *et al.* **Análise bioeconômica da substituição do farelo de soja pelo de mamona para ovinos em confinamento**. *ACSA – Agropecuária Científica no Semi-Árido*, v.8, n.4, p.07-15, out – dez, 2012.

WILLARD, S. T. *et al.* “**Effects of free gossypol in the diet of pregnant and postpartum Brahman cows on calf development and cow performance**”. *Journal Animal of Science*, v.73, n.2, p.496–507, 1995.

ZERVOUDAKIS, J. T. *et al.* **Substituição do farelo de soja por farelo de algodão alta energia em dietas para vacas leiteiras: composição do leite e custo de produção**. *Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal*. v.11, n.1, p 150-159 jan/mar, 2010. Disponível em: <<http://www.rbspa.ufba.br>>. Acesso em: 21/04/2014.