

ERICA BEATRIZ SCHULTZ

**COMPORTAMENTO INGESTIVO E PRODUÇÃO LEITEIRA DE  
CABRAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES  
NÍVEIS DE FIBRA E TAMANHO DE PARTÍCULAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Viçosa, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, para obtenção do título de *Magister Scientiae*

VIÇOSA  
MINAS GERAIS – BRASIL  
2017

**Ficha catalográfica preparada pela Biblioteca Central da Universidade  
Federal de Viçosa - Câmpus Viçosa**

T

S387c  
2017  
Schultz, Erica Beatriz, 1992-  
Comportamento ingestivo e produção leiteira de cabras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra e tamanho de partículas / Erica Beatriz Schultz. – Viçosa, MG, 2017.

vii, 49f. : il. (algumas color.) ; 29 cm.

Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues.  
Dissertação (mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.  
Inclui bibliografia.

1. Caprinos - Alimentação e rações. 2. Fibras na nutrição animal. I. Universidade Federal de Viçosa. Departamento de Zootecnia. Programa de Pós-graduação em Zootecnia. II. Título.

CDD 22 ed. 636.39

ERICA BEATRIZ SCHULTZ

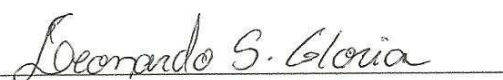
**COMPORTAMENTO INGESTIVO E PRODUÇÃO LEITEIRA DE  
CABRAS ALIMENTADAS COM DIETAS CONTENDO DIFERENTES  
NÍVEIS DE FIBRA E TAMANHO DE PARTÍCULAS.**

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Viçosa, como parte das  
exigências do Programa de Pós-  
Graduação em Zootecnia, para obtenção  
do título de *Magister Scientiae*

APROVADA: 14 de julho de 2017.



Fabyano Fonseca e Silva  
(Coorientador)



Leonardo Siqueira Glória  
(Coorientador)



Marcelo Teixeira Rodrigues  
(Orientador)

Ao meu sobrinho José Flávio, por me proporcionar sentir tanta alegria a  
tua espera.

*Nunca desista dos seus sonhos, pois eles transformaram  
sua vida em uma grande aventura.*

Augusto Cury

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Viçosa, em especial ao Departamento de Zootecnia, pela oportunidade de participar do Programa de Pós-Graduação, em nível de Mestrado.

À Coordenação do Programa de Pós-Graduação em Zootecnia e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela bolsa de estudos concedida.

À Universidade Federal de Uberlândia, por ser a base desde início desta jornada.

Ao meu orientador, professor Marcelo Teixeira Rodrigues pela confiança, pelos ensinamentos técnicos e de vida.

Aos professores Fabyano Fonseca e Silva e Leonardo Siqueira Glória, que sempre estiveram à disposição e pelas sugestões para o acabamento da dissertação.

Ao orientador de graduação e amigo professor Gilberto de Lima Macedo Junior, pelo incentivo e carinho.

Ao Rafael Marzall do Amaral, pelas ideias iniciais na construção deste trabalho, pelos ensinamentos e pela disponibilidade.

Ao professor Ricardo Augusto Mendonça Vieira, pelas sugestões dadas ao longo da construção deste trabalho.

Aos meus pais Fátima Marlene e José Gilberto, pelo amor e carinho incondicional, sem medir esforços e sacrifícios ao longo desta jornada.

À minha avó Julia, pela doçura, pelas orações, carinho e amor.

À minha irmã Ana Karolina e ao Pedro Samora, pelo amor, carinho e apoio.

Aos amigos do Programa de Pós-Graduação Larissa, Márcia, Juana, Riony, Dayanne, Thiago, Thais, Cris, Rafael e Leonardo, pela atenção, ajuda e pelo carinho em vários momentos deste curso, tornando os dias mais felizes.

À Camila Cardoso e sua família, que considero como minha, pelo carinho, amor e paciência.

Aos meus amigos de longa data Samara, Marina, Ricardo, Marcella e Carina, por todo apoio.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para a realização deste trabalho.

## **BIOGRAFIA**

ERICA BEATRIZ SCHULTZ, filha de José Gilberto Schultz e Fátima Marlene Morais Schultz, nasceu em 26 de julho de 1992, em Araguari, Minas Gerais.

Em julho de 2015, graduou-se em Zootecnia, pela Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais.

Em agosto de 2015, iniciou o Programa de Pós-Graduação em Zootecnia, em nível de Mestrado, na Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, concentrando seus estudos na área de Produção e Nutrição de Ruminantes, submetendo à defesa de dissertação em 17 de julho de 2017.

# SUMÁRIO

|  | <b>Página</b> |
|--|---------------|
| RESUMO.....  | vi            |
| ABSTRACT.....  | vii           |
| 1 INTRODUÇÃO .....   | 1             |
| 2 REFERENCIAL TEÓRICO .....  | 2             |
| 2.1 Componentes da fibra para ruminantes .....                     | 2             |
| 2.2 Características do comportamento alimentar.....                | 5             |
| 2.3 Análise de agrupamento.....                                    | 7             |
| 2.3.1 Medidas de similaridade/dissimilaridade .....                | 8             |
| 2.3.2 Técnicas aglomerativas .....                                 | 10            |
| 2.3.3 Agrupamento para séries temporais .....                      | 11            |
| 2.3.4 Reamostragem e determinação do número ótimo de grupos.....   | 12            |
| 2.3.5 Coeficiente de correlação cofenética.....                    | 13            |
| 2.4 Modelos Autorregressivo Integrado e Médias Móveis (ARIMA)..... | 13            |
| 2.5 Produções de leite e curvas de lactação .....                  | 15            |
| 3 Referências Bibliográficas .....                                 | 17            |
| CAPÍTULO.....  | 22            |

## RESUMO

Schultz, Erica Beatriz, M. Sc., Universidade Federal de Viçosa, julho de 2017. **Comportamento ingestivo e produção leiteira de cabras alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra e tamanho de partículas.** Orientador: Marcelo Teixeira Rodrigues. Coorientadores: Fabyano Fonseca e Silva e Leonardo Siqueira Glória.

O estudo foi conduzido com para avaliar o comportamento ingestivo e o desempenho dos animais consumindo dietas contendo crescentes concentrações de fibra e tamanho de partículas. Os tratamentos consistiram em 34, 41, 47 e 59% de fibra em detergente neutro oriunda da forragem (FDNf), associados aos tamanhos de 2, 5 e 15 cm da partícula. Foram utilizados 48 animais, sendo quatro repetições por tratamento em delineamento inteiramente casualizado. Para avaliação comportamental foram contabilizados os segundos gastos a cada cinco minutos ao longo de 24 horas para atividades de ruminação, alimentação e ócio. Na mensuração da produção foi realizada a pesagem do leite diariamente. Para análise inicial das atividades ingestivas utilizamos a análise de agrupamento sendo utilizado o coeficiente de correlação cofenética para escolha da medida de dissimilaridade e do algoritmo. Os dendrogramas foram gerados e os agrupamentos considerados dissimilares a 5% de significância do *p*-valor aproximado (AU). Os tratamentos agrupados foram modelados por meio do processo autor regressivo e média móvel. A produção de leite foi avaliada empregando-se modelos não lineares e os parâmetros comparados para os diferentes tratamentos por meio do intervalo de confiança a 5% de significância. No comportamento alimentar os agrupamentos foram significativos, sendo o primeiro grupo similar para partículas com 2 cm independente da concentração e o segundo grupo contendo os demais tratamentos. Nas atividades de ruminação, ócio e mastigação os padrões nictemerais dos tratamentos foram similares. Não houve efeito significativo para o parâmetro da taxa média de declínio (*k*) após o pico de produção das curvas de lactação, em relação às diferentes concentrações de fibra e aos tamanhos da partícula. Contudo, foi possível observar característica crescente do valor deste parâmetro com aumento na concentração de fibra na dieta. Os resultados podem ser associados à seletividade da espécie, ao estágio fisiológico e disponibilidade de energia. O aumento na concentração de fibra influencia na redução da produção de leite. A associação das concentrações de fibra e do tamanho da partícula pode alterar comportamento alimentar e refletir no desempenho animal.

## ABSTRACT

Schultz, Erica Beatriz, M. Sc., Federal University of Viçosa, July de 2017. **Ingestive behavior and milk production of goats fed diets containing different fiber levels and particle size.** Adviser: Marcelo Teixeira Rodrigues. Co-advisers: Fabyano Fonseca e Silva and Leonardo Siqueira Glória.

The study was conducted to evaluate ingestive behavior and performance of animals consuming diets with different fiber concentrations and different particle sizes. The treatments consisted of 34; 41; 47 and 59% of neutral detergent fiber derived from forage (FDNf) associated with particle sizes of 2; 5 and 15 cm. A total of 48 animals were used with four repetitions per treatment in a completely randomized design. In relation to ingestive behavior, the spent seconds of activities were counted every five minutes over 24 hours. In the evaluation of the production, milk yield was weighed daily of all animals. Thus, the application of cluster analysis was used to compare the treatments. Values of the coefficient of correlation cophenetic were used to select the dissimilarity measurement and algorithm. The dendrograms were generated and the groupings were considered dissimilar in 5% of significance of the approximate p-value (AU). The milk production was evaluated by non-linear models and the parameters compared for the different treatments through the confidence interval at 5% of significance. Regarding feeding behavior, the patterns were significant for particle sizes, being dissimilar the treatment of two cm with those of five and fifteen cm. In the rumination activities, idleness and chewing (feeding + rumination), the nictemeral patterns of the treatments were similar. There was no significant effect on the parameter of average rate of decline (k) after the peak production of the lactation curves, in relation to the different fiber concentrations and particle sizes. However, it was possible to observe an increasing characteristic of the value of this parameter with an increase in fiber concentration in the diet. The results were associated with species selectivity, physiological stage and energy availability. When increase fiber concentration influence reduction of milk production. The association of fiber concentrations and particle size can alter feeding behavior and reflect animal performance.

# 1 INTRODUÇÃO

A fibra é um componente chave na regulação do consumo, pois, é inversamente proporcional à energia disponível na dieta, e sua efetividade está diretamente ligada ao efeito de repleção (MERTENS, 1987). Uma adequada quantidade desta entidade nutricional é essencial para manter o funcionamento ruminal e eficiência do crescimento microbiano.

Para cabras leiteiras atingirem alto potencial de produção é necessária a maximização do consumo de alimento. Contudo, a quantidade de fibra pode limitar fisicamente a capacidade do rúmen-retículo, e em consequência o menor aporte de energia para atender a demanda do animal. Como alternativa de reduzir o efeito de enchimento e aumentar a passagem das partículas fibrosas pelo trato gastrointestinal, é possível promover a modificação física da forragem, ou seja, alterações no tamanho da partícula. Segundo Buxton et al. (1997) partículas menores apresentam maiores taxas de digestão pois, há maior área para acesso microbiano e maior passagem da fibra pelo orifício retículo-omasal. O somatório do fluxo das partículas e disponibilidade de nutrientes é a produtividade, o estudo das curvas de lactação auxilia no planejamento da atividade, pois permite não só avaliar a produção total, mas também todo comportamento produtivo separando às fases de pré e pós-pico da lactação.

O reflexo às alterações no perfil físico-químico da dieta é a interação entre a transmissão de sinais do centro da fome e saciedade e dos mecanorreceptores, assim o animal modula os momentos de início e pausa na atividade de alimentação, a necessidade da ruminação e os momentos de ócio. Apesar da variedade de resultados quanto ao comportamento ingestivo, segundo Dulphy et al. (1980), há dificuldade em contrastar estas mensurações. Assim, é possível explorar formas de comparação na busca de padrões comportamentais.

O comportamento nictemeral compreende o tempo gasto em uma atividade durante 24 horas, sendo essas observações tomadas sequencialmente ao longo do tempo, bem como uma série temporal são utilizadas para compreender a relação entre diferentes dietas e relaciona-las ao desempenho animal. Sendo assim, propõe-se investigar o comportamento ingestivo e produção cabras com diferentes níveis de fibra e tamanho de partícula na dieta.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Componentes da fibra para ruminantes

Os animais ruminantes diferem dos demais animais domésticos de produção por apresentarem maior eficiência no aproveitamento da energia dos alimentos fibrosos; este fato só foi possível devido às adaptações do sistema digestório com a presença da câmara fermentativa, ou seja, rúmen (van SOEST, 1994).

Dentro deste contexto, o bom aproveitamento e menor custo comparado aos alimentos concentrados faz com que as forrageiras constituam a base da alimentação para produção de ruminantes, fornecendo energia através da fermentação dos constituintes da parede celular da planta pelos microrganismos ruminais. A parede celular é formada pela interação e combinação de estruturas e o resultado final do ponto de vista produtivo são forragens de clima tropical ou temperado. A organização estrutural e a anatomia desses cultivares e seus tecidos, exercem influência na facilidade de quebra da partícula, natureza da partícula produzida, sua passagem pelo rúmen e a digestibilidade da matéria seca (WILSON, 1993).

O grande grupo de cultivares utilizado na nutrição animal é dividido em gramíneas e leguminosas. As gramíneas são divididas pelo seu metabolismo em C3 e C4 e apresentam maior lignificação com a idade, época do ano e outras situações que levam a menor disponibilidade de compostos potencialmente digestíveis. Em termos estruturais as leguminosas comparadas às gramíneas apresentam menor lignificação o que significa mais facilidade na quebra dos componentes de parede celular, garantindo maior digestibilidade dos carboidratos.

Os componentes presentes na parede celular sendo estes aproveitados ou não através da fermentação são em sua maioria celulose, hemicelulose, pectina e lignina, além de proteínas e outros em menor proporção; esse conjunto para nutrição animal é denominado como fibra. A fibra por si foi conceituada como fração indigestível ou de digestão lenta do ingrediente e que ocupa espaço no trato gastrintestinal (TGI). Segundo Theander e Westerlund (1993), a forma de quantificar esses elementos evoluiu segundo os métodos de Weende da fibra bruta para métodos detergentes propostos por van Soest em meados de 1963 que contribuiu para separação das frações de celulose, hemicelulose e lignina através da solução de detergente em pH neutro constituindo a fibra em

detergente neutro (FDN), e celulose e lignina através do detergente ácido formando a fibra em detergente ácido (FDA) e seus contaminantes.

O objetivo dos estudos com a parede vegetal na alimentação de ruminantes é a tentativa de entender os fatores ligados às limitações da digestão microbiana deste material, devido ao do finito tempo de retenção, limite do consumo e enchimento do trato gastrointestinal dos animais.

A qualidade das forragens é talvez o fator mais importante na produtividade dos ruminantes em diferentes sistemas, e varia com a idade da planta, o grau de desenvolvimento, produção de sementes e o próprio ambiente em que a planta cresce, determinando o tipo de fibra na dieta. Estes fatores não acontecem isoladamente e estão atrelados à capacidade hidratação, densidade física e taxa de fermentação. Ao longo do período de maturação da planta, a densidade ou a concentração de energia diminui, isso acontece, pois há aumento das camadas secundárias com a concomitante lignificação tornando-as menos digestíveis.

A hidratação é a habilidade das partículas alimentares em adsorver e reter água, íons e outras substâncias solúveis. Esta capacidade é também alterada devido às relações dos componentes de parede celular. Uma estratégia em alterar a capacidade de hidratação e todo o funcionamento da cinética ruminal é a fragmentação das partículas da forrageira. A redução no tamanho da partícula promove aumento na densidade efetiva pelo rompimento da estrutura celular e também a capacidade de hidratação pela menor área de diminuição do espaço intracelular (van SOEST, 1994).

O processo fermentativo inicia pela retenção do material no rúmen, os componentes solúveis são rapidamente fermentados pelos microrganismos, entretanto, os componentes estruturais são de lenta digestão. Os processos de degradação e passagem da digesta vão determinar a disponibilidade de nutrientes aos microrganismos e conseqüente ao animal (FAICHNEY, 1986). No *pool* ruminal, dietas ricas em forrageiras apresentam tipicamente duas fases sólidas distintas dentro do compartimento rumino-reticular: a massa flutuante (*raft*), sendo partículas recentemente ingeridas; e um *pool* de pequenas partículas dispersas dentro da fase fluida (HUNGATE, 1966), neste caso a taxa de passagem da fase sólida é menor que a da fase líquida. (van SOEST, 1994).

A saída das partículas do compartimento retículo-rúmen é determinada pelo tamanho e densidade das partículas, ou seja, pelas características físicas da fibra, conhecida pelo termo fibra fisicamente efetiva. Em dietas de sistemas de alta produção

é possível observar a alta inclusão de alimentos concentrados, ou seja, elevado teor de carboidratos não fibrosos.

A ocorrência de distúrbios metabólicos nestes sistemas são causados pelo abaixamento do pH e podem ser correlacionados com a redução das concentrações de fibra, neste caso correções o balanceamento das razões entre carboidratos fibrosos e não fibrosos são necessárias. Em trabalhos conduzidos com caprinos Branco et al. (2011) e Carvalho et al. (2006) observaram que com o aumento das concentrações de fibra na dieta reduzem o consumo de nutrientes digestíveis totais, e conseqüentemente o decréscimo na produção.

A formulação baseada somente na quantidade de fibra pode levar a erros quando a ração contem forragens processadas de diferentes formas, pois, o metabolismo animal é afeto tanto pela quantidade quanto pela efetividade física da fibra. Mertens (1997) relata alterações na fermentação ruminal e porcentagem de gordura no leite em rações com a mesma razão de carboidratos fibrosos e não fibrosos, porém com a forrageira processada em finamente moídas ou picada.

A fibra fisicamente efetiva é contabilizada através da eficiência de estimulação da atividade mastigatória que regula produção de saliva, pH e garante a motilidade do rúmen. As variações no tamanho da partícula são intimamente ligadas ao tempo gasto nas atividades de ruminação e mastigação estabelecendo a relação com a efetividade física da fibra (Mertens, 1986). Sendo assim, alimentos finamente moídos reduzem a atividade de mastigação e os efeitos de repleção ruminal

Ao contrastar a redução no tamanho da partícula e fibra fisicamente efetiva com dietas de mesma composição química para vacas leiteiras Bezerra et al., (2004) observou aumento na digestibilidade da matéria seca mesmo com menor tempo retenção destas partículas no trato gastrointestinal, atribuindo os resultados á velocidade de trânsito e a redução do gasto de energia para atividades de manutença dos microrganismos, obtendo melhor aproveitamento dos compostos para o crescimento microbiano, esses resultados condizem com os de Zao et al. 2011 em experimento com cabras leiteiras com diferentes proporções de fibra fisicamente efetiva, ou seja, tamanhos da partícula do feno de alfafa.

È nítido a importância do comportamento ingestivo dos animais e conhecimento dos hábitos alimentares bem como da capacidade seletiva para compreender as respostas obtidas na cinética do rúmen.

## 2.2 Características do comportamento alimentar

Em animais ruminantes assim como em outras espécies o ajuste do consumo é controlado pelo requerimento nutricional, especialmente em energia. Atividades de alimentação e ruminação têm sido estudadas em relação às características da dieta e mudanças ambientais. A diversidade nas condições experimentais e os objetivos a serem alcançados levam a uma variedade de técnicas de mensuração por observação ou gravação, e nos parâmetros selecionados para descrição do comportamento ingestivo como tempo gasto em horas para alimentação ou ruminação, número de refeições, períodos alimentares dentre outras. Apesar da variedade de resultados ainda há dificuldades na comparação das mensurações realizadas no comportamento ingestivo (DULPHY et al., 1980).

Embora a necessidade de energia pelo organismo seja constante, as refeições são periódicas e variam amplamente desde o consumo zero até altas taxas de ingestão com diferentes intervalos ao longo do período de alimentação. As variações no tamanho e na frequência de alimentação estão relacionadas a um *feedback* de nutrientes e aos efeitos de distensão rumino reticular, de forma que a regulação do comportamento alimentar a curto prazo pode ser dividida em fatores físicos, fisiológicos e psicogênicos (MERTENS, 1996).

A regulação física e fisiológica é limitada pelo tempo gasto para mastigação ou pela distensão do trato gastrointestinal. O estímulo dos mecanorreceptores rumino reticulares, absorção de nutrientes e os efeitos hormonais transmitem sinais ao centro da fome e saciedade para pausar a alimentação. Assim, quando o rúmen está repleto o animal aumenta o número de refeições e o tempo gasto para ruminação, e por meio do ajuste do número de refeições diárias observadas (duração  $\times$  taxa de ingestão), é possível ajustar o consumo em um âmbito de curto prazo (BAUMONT et al., 2000)

O conteúdo de fibra em detergente neutro (FDN) é um dos parâmetros avaliados na dieta correlacionada com o controle físico e fisiológico, pois, é inversamente proporcional ao teor energético de uma ração. Ainda relacionado à fibra, quando o consumo é limitado pela quantidade de fibra e distensão rumino reticular, outra característica importante é o tamanho da partícula fibrosa. Fibras longas aumentam o tempo despendido nas atividades de mastigação e ruminação, e a redução no tamanho das partículas favorece o consumo devido a maior taxa de passagem ( $K_p$ ) pelo trato gastrointestinal (ALLEN, 2000).

Em modelos nutricionais para ruminantes a maior parte das equações considera a estratificação da fibra como um compartimento uniforme, independente da espécie ruminante avaliada, entretanto, abordagem oposta a esta teoria tem sido desenvolvida. Ruminantes que consomem dietas ricas em fibra apresentam uma fase flutuante (comumente denominada como *raft*), formada a partir das partículas da dieta que foram recentemente ingeridas, e um pool de pequenas partículas dispersas dentro da fase fluida, ventralmente ao compartimento de partículas no *raft*, capazes de escapar do rúmen-retículo (REGADAS FILHO et al., 2014).

O estudo do comportamento ingestivo auxilia no entendimento dos fatores que induzem os animais a iniciar ou terminar uma refeição, e compor o consumo total ao longo do dia (FISCHER et al., 2002). Os mamíferos herbívoros foram classificados por Hoffmann (1989) como pastadores, consumidores intermediários ou selecionadores de concentrados, dentro desta classificação os caprinos são considerados intermediários, diferente de ovinos e bovinos que são pastadores. Esta classificação é atribuída, pois, tendem a ter um rúmen e omaso relativamente menores em relação ao tamanho do corpo, buscando alimentos de maior digestibilidade para atender a demanda e energética, estes animais também possuem maior atividade mastigatória o que lhes permitem reduzir as partículas do alimento contornando o efeito de repleção e aumento a eficiência de utilização do material.

Quando relacionado às frações fibrosas e comportamento ingestivo van SOEST, (1994a) observou que o tempo de ruminação é diretamente proporcional ao conteúdo de FDN e a forma física da dieta (van SOEST, 1994a). Resultado semelhante encontrado por Carvalho et al., (2006a) ao estudar o aumento a concentração de FDN na dieta de cabras leiteiras constatou maior tempo de ruminação. Outro trabalho avaliando níveis crescentes de fibra para cabras leiteiras foi o de Branco et al., (2011) obtendo os mesmo resultados no aumento do tempo de ruminação e da atividade mastigatória com o aumento na concentração de fibra na ração.

Quando analisamos o comportamento ingestivo a maioria dos trabalhos baseia-se em métodos estatísticos univariados (FISCHER et al., 2000), porém as atividades ingestivas são concentradas em períodos discretos, distribuídos de forma não uniforme durante o nictêmero (FISCHER et al., 2002). No estudo das características do comportamento alimentar de cabras lactantes, utilizou-se de ferramentas de análise multivariada para avaliar as diferenças no comportamento alimentar e na variação do pH do ruminal (DESNOYERS et al., 2011).

Compreendendo que o comportamento alimentar, ou seja, o período de alimentação, ruminação e ócio variam de acordo com o manejo e o tipo de dieta (ALBRIGHT, 1993), principalmente quando relacionada às características fibrosas. Novilhas em crescimento alimentadas com tratamentos de aumento ou redução na proporção de concentrado da dieta, ao analisar os padrões diurnos do comportamento ingestivo, foi possível observar a interação dos tratamentos, horas do dia e tempo gasto para alimentação (GRETER et al., 2012).

Outros métodos podem ser utilizados para compreender tais comportamentos, técnicas para análise de séries temporais podem ser muito úteis na investigação das características do comportamento animal, em particular na análise dos dados comportamentais obtidos de forma sequencial, contribuindo para esclarecer diversas interações (FISCHER et al., 2000).

### **2.3 Análise de agrupamento**

No âmbito da análise estatística temos a multivariada que consiste no conjunto de métodos estatísticos utilizados em situações nas quais várias variáveis são medidas simultaneamente, dividida de modo geral em dois grupos: técnicas exploratórias de sintetização e técnicas de inferência estatísticas. Dentro do primeiro grupo temos o método de análise de componentes principais, análise fatorial, análise de correlações canônicas e análise de agrupamento, no segundo grupo têm a análise de variância multivariada (MINGOTI, 2013).

Dado um conjunto de  $n$  unidades amostrais, que são medidas de acordo com  $p$  variáveis, a análise de agrupamento tem como principal objetivo reunir essas unidades em grupos, de modo que as unidades dentro do grupo sejam mais similares do que entre os grupos. Segundo Bussab, (1990) esta metodologia objetiva dividir um grupo original de observações em vários grupos, de acordo com algum critério de similaridade ou de dissimilaridade. Estes critérios constituem a base desta metodologia, visto que a análise de agrupamento inicia-se com a obtenção de uma matriz  $n \times n$  de medidas de similaridade ou dissimilaridade obtidas da matriz  $n \times p$  de dados.

Quanto maior o valor das medidas de similaridade, mais semelhantes são as observações, enquanto para medidas de dissimilaridade, quanto maior seu valor, menos semelhantes, ou mais divergentes, são as observações (JOHNSON; WICHERN, 1998).

Em se tratando de medidas de similaridade, a mais utilizada é o coeficiente de correlação de Pearson, e se tratando de medidas de dissimilaridade, ou medidas de distâncias, as principais são a distância Euclidiana, Euclidiana média e distância de Mahalanobis (BUSSAB, 1990).

Os métodos de agrupamento são classificados principalmente em métodos de otimização e métodos hierárquicos. Nos métodos de otimização o objetivo é obter uma partição do conjunto de dados em subgrupos não-vazios e mutuamente exclusivos por meio da maximização ou minimização de certas estatísticas discriminantes. Dentre os métodos de otimização destaca-se o de Tocher, apresentado por Rao (1952), o qual é muito utilizado na área de melhoramento genético.

Nos métodos hierárquicos, as unidades amostrais são agrupadas por um processo que se repete em vários níveis até formar um diagrama em árvore, também chamado de dendrograma. No dendrograma, as unidades amostrais são representadas no eixo horizontal, e as distâncias entre as unidades no eixo vertical. As linhas verticais partindo das unidades tem altura correspondente ao nível em que os indivíduos são considerados semelhantes.

Ainda em relação aos métodos hierárquicos, sabe-se que os mesmos são divididos em métodos aglomerativos e divisivos. Nos aglomerativos, por meio de sucessivas fusões das  $n$  unidades, vão se formando  $n - 1$ ,  $n - 2$ , ...,  $n - k$  grupos, até reunir todas as unidades em um único grupo. Dentre os métodos aglomerativos, estão o método do vizinho mais próximo, método do vizinho mais distante, método da ligação média, método do centroide e o método de Ward, proposto por Ward Jr. (1963). Nos divisivos, a ideia é partir de um único grupo, e por meio de divisões sucessivas, obter vários outros subgrupos. O método divisivo mais conhecido é o proposto por (EDWARDS; CAVALLI-SFORZA, 1965).

### **2.3.1 Medidas de similaridade/dissimilaridade**

As medidas de similaridade são definidas como quanto maior o valor observado entre os valores das séries ao longo do tempo mais parecidos serão os comportamentos, e para as de dissimilaridade serão menos parecidos, o que permite moldar as situações de interesse. Assim, a distância entre uma série  $F_i = \{F_{i1}, \dots, F_{iT}\}$  de tamanho  $T$  e a série  $F_j = \{F_{j1}, \dots, F_{jT}\}$ , é a soma entre os pontos individuais ao longo do tempo  $dist(F_i, F_j)$  (AGHABOZORGI et al., 2015).

Contudo, a escolha dos coeficientes de similaridade/dissimilaridade não é trivial, sendo necessário conhecer a representação e a base de dados, além do objetivo de comparação. Diversas medidas de distância para séries temporais são relatadas no trabalho (AGHABOZORGI et al., 2015). Para a análise das diferentes atividades no comportamento alimentar de caprinos leiteiros ao longo do tempo, ou seja, em série temporal sem transformação serão utilizados os coeficientes descritos a seguir.

### 2.3.1.1 *Distância Euclidiana*

Sendo uma das medidas de dissimilaridade mais popular a ser empregada em diversos estudos, pode ser apropriada na análise de séries temporais com dados brutos na mesma escala temporal (PEREIRA; De MELLO, 2013). Para o cálculo da formação da matriz de dissimilaridade, tem-se:

Dada duas séries temporais  $F = \{F_i, \dots, F_i\}$  e  $G = \{G_i, \dots, G_i\}$  calcula-se:

$$D(F, G) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (f_i - g_i)^2}$$

### 2.3.1.2 *Distância de Minkowski*

A medida de similaridade/dissimilaridade de Minkowski pode ser definida como:

Dada duas séries temporais  $F = \{F_i, \dots, F_i\}$  e  $G = \{G_i, \dots, G_i\}$  calcula-se onde  $p \geq 0$

$$D(F, G) = \left( \sum_{i=1}^n |f_i - g_i|^p \right)^{1/p}$$

em que  $p = 1$  tem-se representado na equação a *distância Manhattan*, e sendo  $p = 2$  a *distância Euclidiana* (SPOLAÔR et al., 2008).

Outras medidas de dissimilaridade são: a *Máxima distância* que representa a medida de dissimilaridade entre os componentes  $x$  e  $y$   $D(X, Y) = \sup |x_j - y_j|$ , e ainda temos as medidas autocorrelação *ACF* e a distorção dinâmica do tempo *DTW*.

É importante a escolha da medida de proximidade mais adequada, pois a técnica exploratória de agrupamento é baseada em diferentes medidas que nem sempre chegam ao mesmo resultado, sendo necessário o conhecimento do conjunto de dados e do tipo de comportamento esperado para as séries (VICINI; SOUZA, 2005). As medidas de dissimilaridade/similaridade representadas são mais comuns e apropriadas para variáveis quantitativas (MINGOTI, 2013).

### **2.3.2 Técnicas aglomerativas**

Existem diversas técnicas aglomerativas, sendo estas divididas em não hierárquicas e hierárquicas. Os passos principais para aplicação das técnicas hierárquicas de forma resumida por Mingoti (2013), são: cada elemento constitui um *cluster* de tamanho  $1$ , tendo-se  $n$  *cluster*, em cada estágio do algoritmo de agrupamento, os pares mais similares são combinados e passam a constituir um único conglomerado, em cada novo estágio e formado um agrupamento de conglomerados, e por fim devido a propriedade de hierarquia é possível construir um gráfico chamado dendograma, que representa a história do agrupamento, a escolha do número de grupos final ( $g$ ) pode ser subjetiva conforme os dados analisados e existem alguns métodos descritos a seguir para auxiliar no número  $g$ . Os métodos utilizados como algoritmo hierárquico aglomerativo estão descritos abaixo.

#### **2.3.2.1 Método da ligação simples (Single Linkage)**

Neste método, a similaridade entre dois conglomerados é definida pelos dois elementos mais semelhantes entre si, caracteriza-se pelo método de *clustering* mais simples e utilizado (SNEATH, 1957).

#### **2.3.2.2 Método da ligação completa (Complete Linkage)**

Ao contrário do método de ligação simples, neste método a similaridade entre dois conglomerados é definida pelos dois elementos menos semelhantes entre si. (SNEATH, 1957).

#### **2.3.2.3 Método da média das distâncias (*Average Linkage*)**

Trata-se a distância entre dois conglomerados, como a média das distâncias entre todos os pares de elementos que podem ser formados com os elementos dos dois conglomerados que estão sendo comparados.

#### **2.3.2.4 Método de Ward ou Mínima Variância**

Para o método Ward a formação dos grupos se dá pela maximização da homogeneidade dentro dos grupos. A soma de quadrados dentro dos grupos é usada como medida de homogeneidade. Isto é, o método de Ward tenta minimizar a soma de quadrados dentro do grupo. Os grupos formados em cada passo são resultantes de grupo solução com a menor soma de quadrados.

Todos os métodos descritos fazem o agrupamento de elementos amostrais de acordo com algum critério (ou métrica) predefinido (MINGOTI, 2013). Para seleção do número de  $g$  de agrupamento existem diversas medidas (SUZUKI; SHIMODAIRA, 2004b), por meio das técnicas de reamostragem (*bootstrap*), apresentam  $p$ -valores aproximados dos agrupamentos que auxiliam na tomada de decisão.

### **2.3.3 Agrupamento para séries temporais**

Uma série temporal como um conjunto de observações espaçadas no tempo, como as observações das atividades de alimentação, ruminação e ócio ao longo do dia, é composta por componentes de tendência, ciclicidade e sazonalidade. O foco do trabalho não é demonstrar a decomposição espectral das séries, porém é importante compreender o comportamento para a utilização dos métodos de análise adequados. A tendência indica o comportamento ao longo prazo, ou seja, se a série cresce, decresce ou permanece estável. Os ciclos são caracterizados pelas oscilações de subida e queda nas séries de forma suave e repetida, ao longo da componente de tendência. A sazonalidade

corresponde às oscilações de subida e queda que sempre ocorrem em um determinado período.

Assim, pode-se definir séries temporais como processos estocásticos, ou seja, um processo físico determinado por leis probabilísticas. Sendo um conjunto de todas as possíveis trajetórias de um determinado evento. Sendo a série temporal definida como uma sequência, ou seja, um vetor  $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ , em que  $n$  é o número de observações  $x_t$ ,  $t \in \{1, 2, \dots, n\}$  é o valor observado no tempo  $t$ . Para exemplo, uma série de tempo pode ser composta de valores mensais de temperatura em uma cidade, precipitação atmosférica anual, abrangendo outras áreas, assim como na experimentação animal (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Há diversas formas de descrever uma série temporal, ou seja, pode ser contínua com intervalos não determinados entre as observações, ou discreta em intervalos de tempos iguais. Essas podem ser analisadas no domínio temporal por meio de modelos paramétricos, ou no domínio da frequência através de modelos não paramétricos.

Inicia-se o processo definindo os objetivos e os dados utilizados para análise, sendo estes dispostos na forma de uma matriz. Aplicação da análise de agrupamento para séries temporais seja um conjunto de dados  $D$  com  $n$  séries,  $D = \{F_1, F_2, \dots, F_n\}$ , fazendo uso do processo não supervisionado e de uma medida de similaridade, é possível obter o agrupamento homogêneo das séries  $D$  e a formação de uma matriz simétrica a matriz de similaridade/dissimilaridade. Este método é utilizado para detectar correlações entre as séries, realizar previsões, recomendações e descobrir padrões dentro do conjunto de dados (AGHABOZORGI et al., 2015), como a observação sequencial do comportamento ingestivo no período de 24 horas.

Para compreender a formação dos agrupamentos de séries temporais segue-se então as seguintes etapas: métodos de representação que padroniza as séries quando em diferentes dimensões, a escolha dentre as diversas medidas disponíveis de similaridade e dos algoritmos de agrupamento (AGHABOZORGI et al., 2015).

#### **2.3.4 Reamostragem e determinação do número ótimo de grupos.**

A metodologia descrita por Efron e Tibshirani (1994) sobre o método de reamostragem (*bootstrap*) é baseado na construção de novas amostras a partir de uma amostra inicial retirada de uma população de estudo. Sendo útil para inferência de diagnós-

ticos e funcionalidade de avaliação de erro, viés e na distribuição de probabilidades de um estimador.

Para determinação do número ótimo de grupos, Suzuki and Shimodaira (2004a) relataram que em geral os resultados de agrupamentos com algoritmos aglomerativos contém  $p-1$  agrupamento. No entanto, esta metodologia não é clara quanto à acurácia fornecida por essas técnicas. Assim, Suzuki e Shimodaira (2004a) propuseram associar a análise com a técnica de reamostragem, a fim de mensurar a acurácia dos agrupamentos como  $p$ -valores aproximados, sendo o número de *clusters* determinado por meio do nível de significância aplicado pelo pesquisador em relação aos  $p$ -valores gerados entre os agrupamentos.

### **2.3.5 Coeficiente de correlação cofenética**

A aplicação de mais de uma combinação entre medidas e métodos hierárquicos é necessário para a seleção do resultado mais concordante. Uma das maneiras de verificar a capacidade do dendograma em reproduzir a matriz de similaridade é construir a matriz cofenética. A verificação da proximidade entre as duas matrizes (similaridade e cofenética) e dada por um coeficiente de correlação, chamada de coeficiente de correlação cofenética. Este coeficiente permite conhecer a distorção provocada pelo agrupamento, assim quanto maior o valor da correlação cofenética entre essas matrizes, menor será a distorção causada pelas medidas utilizadas. Esta ferramenta é utilizada para a escolha e associação entre os métodos hierárquicos e as medidas de similaridade disponíveis, e dentre essas combinações a que reproduza o melhor agrupamento, ou uma menor distorção (BUSSAB, 1990).

## **2.4 Modelos Autorregressivo Integrado e Médias Móveis (ARIMA)**

A análise de agrupamento permite encontrar a homogeneidade entre os comportamentos alimentares ao longo do tempo, ou seja, a diferença do tempo gasto das atividades de alimentação, ruminção e ócio ao longo do período de 24 horas de diferentes condições experimentais. Porém, esta análise não gera modelos explicativos do processo gerador da série.

Após encontrar padrões comportamentais similares, uma forma comum para análise de séries temporais é utilizar os modelos paramétricos propostos por Box e Jenkins (1976), ou outras metodologias como análise de Fourier e Wavelets.

O desenvolvimento da teoria de Box e Jenkins (1976) baseia-se na criação de modelos de previsão a partir o ruído branco como série de entrada, ou então é feito inversamente no modo tentativo quando estimamos o melhor modelo que representa a saída do ruído de comportamento aleatório em torno de zero, representado abaixo pelas Figuras 2 e 3:



**Figura 1** - Geração da série temporal  $Y_t$ .



**Figura 2** - Associação do modelo à série temporal  $Y_t$ .

Para o melhor entendimento podemos separar o ARIMA em dois modelos complementares, sendo estes: médias móveis e os autorregressivos. Os processos de médias móveis de ordem  $q$ , em que cada observação  $Y_t$  é gerada por uma média ponderada dos erros aleatórios  $q$  períodos no passado. Denota-se esse processo por  $MA(q)$ , cuja função é:  $Y_t = \alpha + \varepsilon_t - \theta_1 \varepsilon_{t-1} - \dots - \theta_q \varepsilon_{t-q}$ , em que os parâmetros  $\theta_1, \dots, \theta_q$ , podem ser positivos ou negativos. Para os modelos autorregressivos tem-se a função:  $Y_t = \alpha + \phi_1 Y_{t-1} + \dots + \phi_p Y_{t-p} + \varepsilon_t$ , gerada para os  $p$  períodos de defasagem, em que a autocorrelação parcial entre as variáveis é significativa. A integração ou o  $d$  representado nos modelos ARIMA  $(p, d, q)$  está ligado ao processo de diferenciação na transformação de séries não estacionárias em estacionárias por diferença (MORETTIN; TOLOI, 2006).

Os modelos de séries temporais se diferenciam da regressão clássica, pois, nos modelos de séries temporais ARMA (ou ARIMA) não se pode assumir independência entre observações. Portanto, os modelos autorregressivos e de médias móveis vão modelar o grau de autocorrelação entre desvios e observações defasadas. Segundo Morettin e Toloí (2006), o melhor modelo deve ser parcimonioso, ou seja, conter o

menor conjunto de parâmetros possível para o ajustamento da série de dados observados, podendo os modelos ser estimados na forma geral:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q}$$

em que o termo  $\alpha_0$  representa uma constante no modelo estimado;  $\alpha_1$  até  $\alpha_p$  são parâmetros que ajustam os valores  $\Phi$  passados de  $y_t$  do instante imediatamente anterior até o mais distante representado por  $p$ ; os valores de  $\varepsilon$  representam uma sequência de choques aleatórios e independentes uns com os outros;  $\varepsilon_t$  é uma porção não controlável do modelo e é chamado normalmente de ruído branco; e os parâmetros  $\beta_1$  até  $\beta_q$  possibilitam escrever a série em função dos choques passados.

A metodologia Box e Jenkins para os modelos autorregressivos integrados e médias móveis corresponde a três estágios principais: a identificação de modelos tentativos e de seus parâmetros; a estimação dos mesmos; e o teste de adequação ou análise do resíduo para que o modelo possa ser utilizado para previsão ou controle do sistema de geração dos valores observações descritas como  $Y(t)$ .

## 2.5 Produções de leite e curvas de lactação

Apesar de a produção do leite de cabra no Brasil ser crescente, esse aumento não é necessariamente acompanhado da melhoria na produtividade dos animais. Uma forma eficiente de melhorar esta produtividade é por meio da predição da produção de leite (MELO et al., 2011).

A produção e a qualidade do leite de cabra estão relacionadas ao tipo e a qualidade da dieta dos animais, a raça, ao período de lactação, ao clima e à ação combinada destes fatores. Quando fornecidas dietas de alta qualidade o consumo é limitado pelo potencial genético dos animais, porém quando fornecidas dieta com alto teor de FDN o consumo é limitado até atingir a capacidade rumino reticular (CARVALHO et al., 2006b).

Zambom et al. (2005) ao observarem os parâmetros de produção inicial, a taxa de acréscimo de produção até o pico, a taxa declínio de produção após o pico produtivo de cabras alimentadas com diferentes proporções de volumoso:concentrado não encontraram diferenças estatísticas nos mesmos, porém, foi possível observar que

rações com maiores proporções de concentrado elevaram a produção de leite ao longo das semanas pelo maior aporte energético.

O estudo do comportamento produtivo do animal ao longo da lactação possibilita o estabelecimento de estratégias de manejo nutricional, a fim de se maximizar a produção e a qualidade do leite, permitindo a avaliação de fatores genéticos e ambientais sobre as características de produção, que incluem: persistência de lactação, tempo para atingir o pico de produção, duração do pico e produção máxima (GUIMARÃES et al., 2006).

Para estimar estes parâmetros e descrever a produção ao longo de lactação dos animais submetidos às diversas dietas, como diferentes níveis de fibra, utilização de subprodutos, tem-se os modelos estatísticos que permitem o ajustamento das curvas de lactação com mínimo de erro possível e considerando também as variações ambientais.

Dentre os modelos utilizados no ajuste para curvas de lactação o mais comum é o modelo de Wood (1967). Este modelo representado pela equação  $Y = at^b e^{-ct}$ , no qual  $Y$  é a produção de leite no tempo  $t$ , que pode ser representado por dias ou semanas;  $a$  é o parâmetro relacionado à produção inicial de leite;  $b$  define a taxa de ascensão média na fase pré-pico de produção; e  $c$  indica a taxa média de declínio da produção após o pico.

A persistência da lactação é definida como a capacidade do animal em manter sua produção de leite após atingir sua produção máxima na lactação, sendo que maiores persistências da lactação são consideradas vantajosas, pois levam à redução nos custos com alimentação (MENEZES et al., 2010). No modelo de Wood, a persistência é calculada como  $c^{-(b+1)}$ , o tempo para o pico de produção como  $b/c$  dias e a produção no pico, como a  $\left(\frac{b}{c}\right)^b e^{-b}$ .

Outro modelo a ser utilizado para predizer curvas de lactação em caprinos é o modelo de Brody et al. (1924),  $Y = ae^{bt} - ae^{ct}$ , em que os parâmetros  $a$ ,  $b$ ,  $c$  e  $t$  possuem o mesmo significado que no modelo anterior (Wood), porém estima a produção inicial como sendo zero, com pico de produção em  $(c - b) - 1\ln\left(\frac{c}{b}\right)$  dias depois do parto e posterior declínio. O modelo sugerido por Jenkins e Ferrell (1984)  $Y = ae^{-ct}$  também é utilizado em estudos para curvas de lactação, os parâmetros deste modelo apresentam mesmo significados que os modelos anteriormente citados. Sendo assim, é possível calcular e inferir os parâmetros produtivos e traçar curvas ao longo do período de lactação das cabras.

### 3 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHABOZORGI, S.; SHIRKHORSHIDI, A. S.; WAH, T. Y. Time-series clustering – A decade review. **Information Systems**, v. 53, p. 16-38, 2015.

ALBRIGHT, J. Feeding behavior of dairy cattle 1, 2, 3. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 485-498, 1993.

ALLEN, M. S. Effects of diet on short-term regulation of feed intake by lactating dairy cattle. **Journal of Dairy Science**, v. 83, p. 1598-1624, 2000.

BAUMONT, R.; PRACHE, S.; MEURET, M.; MORAND-FEHR, P. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. **Livestock Production Science**, v. 64, p. 15-28, 2000.

BEZERRA, E. S., QUEIROZ, A. C., DE BEZERRA, A. R. G. F., PEREIRA, J. C., PAULINO, M. F. Perfil granulométrico da fibra dietética sobre o tempo médio de retenção e a digestibilidade aparente de dietas para vacas leiteiras **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 33, p. 2378-2386, 2004.

BRANCO, R. H., RODRIGUES, M. T., SILVA, M. M. C., RODRIGUES, C. A., QUEIROZ, A. C., & ARAÚJO, F. L. Desempenho de cabras em lactação alimentadas com dietas com diferentes níveis de fibra oriundas de forragem com maturidade avançada. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 40, n. 5, p. 1061-1071, 2011.

BRODY, S., TURNER, C. W.; RAGSDALE, A. C. The relation between the initial rise and the subsequent decline of milk secretion following parturition. **The Journal of General Physiology**, v. 6, p. 541-545, 1924.

BUSSAB, W. DE O.; MIAZAKI, E. S; ANDRADE, D. **Introdução à análise de agrupamentos**. São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 1990. 105 p.

BUXTON, Dwayne R.; REDFEARN, Daren D. Plant limitations to fiber digestion and utilization. **The Journal of Nutrition**, v. 127, n. 5, p. 814S-818S, 1997

CARVALHO, S., RODRIGUES, M. T.; BRANCO, R. H.; RODRIGUES, C. A. F. Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 562-568, 2006a.

CARVALHO, S., RODRIGUES, M. T.; BRANCO, R. H.; RODRIGUES, C. A. F. Consumo de nutrientes, produção e composição do leite de cabras da raça Alpina alimentadas com dietas contendo diferentes teores de fibra. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 1154-1161, 2006b.

DESNOYERS, M.; GIGER-REVERDIN, S.; SAUVANT, D.; DUVAUX-PONTER, C. The use of a multivariate analysis to study between-goat variability in feeding behavior and associated rumen pH patterns. **Journal of Dairy Science**, v. 94, p. 842-852, 2011.

DULPHY, J.; REMOND, B.; THERIEZ, M. **Ingestive behaviour and related activities in ruminants digestive physiology and metabolism in ruminants**. Springer, 1980. p. 103-122.

EDWARDS, A. W.; CAVALLI-SFORZA, L. L. A method for cluster analysis. **Biometrics**, v. 21, p. 362-375, 1965.

EFRON, B.; TIBSHIRANI, R. J. **An introduction to the bootstrap**. CRC Press, 1994. 456 p.

FAICHNEY, G. The kinetics of particulate matter in the rumen. In: PROCEEDINGS OF THE SIXTH INTERNATIONAL SYMPOSIUM PHYSIOLOGY; Banff, AB, Canada, 10-14 September 1984; Englewood Cliffs, NJ, USA: Prentice-Hall, 1986.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; DÈSPRES, L.; DUTILLEUL, P.; LOBATO, J. Padrões nictemerais do comportamento ingestivo de ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 362-369, 1998.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; DUTILLEUL, P.; BOEVER, J. d. Padrões da distribuição nictemeral do comportamento ingestivo de vacas leiteiras, ao início e ao final da lactação, alimentadas com dieta à base de silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 2129-2138, 2002.

FISCHER, V.; DUTILLEUL, P.; DESWYSEN, A. G.; DÈSPRES, L.; LOBATO, J. F. P. Use of time-dependent transition probabilities for quantitative analysis of ingestive behavior of sheep: Part II. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1821-1831, 2000.

GIGER-REVERDIN, S.; LEBARBIER, E.; DUVAUX-PONTER, C.; DESNOYERS, M. A new segmentation – clustering method to analyse feeding behaviour of ruminants from within-day cumulative intake patterns. **Computers and Electronics in Agriculture**, v. 83, p. 109-116, 2012.

GRETER, A. M.; von KEYSERLINGK, M. A.; DeVRIES, T. J. Ration composition affects short-term diurnal feeding patterns of dairy heifers. **Applied Animal Behaviour Science**, v. 140, p. 16-24, 2012.

HAIR, J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

HUNGATE, R. **The rumen and its microbes**. New York: Academic Press, 1966. 533 p.

JENKINS, T.; FERRELL, C. A note on lactation curves of crossbred cows. **Animal Production**, v. 39, p. 479-482, 1984.

JOHNSON, R. A.; WICHERN, D. W. **Applied multivariate statistical analysis**. Upper Saddle River, NJ: Printice-Hall. Inc., 1998.

MASELYNE, J.; SAEYS, W.; van NUFFEL, A. Review: Quantifying animal feeding behaviour with a focus on pigs. **Physiology & Behavior**, v. 138, p. 37-51, 2015.

MENEZES, G. R. d. O. et al. Avaliação de medidas da persistência da lactação de cabras da raça Saanen sob modelo de regressão aleatória. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 39, p. 1691-1698, 2010.

MERTENS, D. Effect of physical characteristics, forage particle size and density on forage utilization. **AFLA Nutrition Symposium**, p. 91-106, 1986.

MERTENS, D. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, D. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

MERTENS, D. R. Methods in modelling feeding behaviour and intake in herbivores. **Annales de Zootechnie**, v. 45, Suppl., p. 153-164, 1996.

MINGOTI, S. A. **Análise de dados através de métodos de estatística multivariada: uma abordagem aplicada**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2013. 297 p.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006. 564 p.

PEREIRA, C. M. M.; MELLO, R. F. de Common Dissimilarity Measures are Inappropriate for Time Series Clustering. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 20, p. 25-48, 2013.

RAO, C. R. **Advanced statistical methods in biometric research**. New York: John Wiley & Sons, Inc., 1952. 390 p.

REGADAS FILHO, J.; TEDESCHI, L.; VIEIRA, R.; RODRIGUES, M. Assessment of the heterogeneous ruminal fiber pool and development of a mathematical approach for predicting the mean retention time of feeds in goats. **Journal of Animal Science**, v. 92, p. 1099-1109, 2014.

ROTTMAN, L.; YING, Y.; ZHOU, K.; BARTELL, P.; HARVATINE, K. The effects of feeding rations that differ in neutral detergent fiber and starch concentration within a

day on production, feeding behavior, total-tract digestibility, and plasma metabolites and hormones in dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 98, p. 4673-4684, 2015.

SILVA, M. J. d. S.; MATTOS, C. W.; ALVES, K. S. Seletividade e composição da dieta ingerida por caprinos recebendo alimentação à vontade e restrita. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, p. 91-94, 2009.

SPOLAÔR, N.; LEE, H. D.; FERRERO, C. A.; COY, C. S. R.; FAGUNDES, J. J.; WU, F. C. Um estudo da aplicação de clustering de séries temporais em dados médicos. In: CONGRESSO DA ACADEMIA TRINACIONAL DE CIÊNCIAS, 3., 2008. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu, Brasil, 2008.

SUZUKI, R.; SHIMODAIRA, H. An application of multiscale bootstrap resampling to hierarchical clustering of microarray data: How accurate are these clusters. In: THE FIFTEENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENOME INFORMATICS, 2004a.

SUZUKI, R.; SHIMODAIRA, H. An application of multiscale bootstrap resampling to hierarchical clustering of microarray data: How accurate are these clusters. In: THE FIFTEENTH INTERNATIONAL CONFERENCE ON GENOME INFORMATICS. 2004b. p. 34.

SUZUKI, R.; SHIMODAIRA, H. Pvclust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. **Bioinformatics**, v. 22, p. 1540-1542, 2006.

TAPINOS, A.; MENDES, P. A method for comparing multivariate time series with different dimensions. **PloS One**, v. 8, p. e54201, 2013.

THEANDER, O.; WESTERLUND, E. Quantitative analysis of cell wall components. In: JUNG, H. G.; BUXTON, D. R.; HATFIELD, R. D.; RALPH, J. (Ed.) **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison: ASA-CSSA-SSSA, 1993. p. 83-104.

van SOEST, P. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. Ithaca: Cornell Univ. Press, 1994.

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

VICINI, L.; SOUZA, A. M. **Análise multivariada da teoria à prática**. Santa Maria: UFSM, CCNE, 2005. 215 p.

VIEIRA, R. A. M.; TEDESCHI, L. O.; CANNAS, A. A generalized compartmental model to estimate the fibre mass in the ruminoreticulum: 1. Estimating parameters of digestion. **Journal of Theoretical Biology**, v. 255, p. 345-356, 2008.

WANG, H.; CHEN, Q.; CHEN, L. M.; GE, R. F.; WANG, M. Z.; YU, L. H.; ZHANG, J. Effects of dietary physically effective neutral detergent fiber content on the feeding behavior, digestibility, and growth of 8-to 10-month-old Holstein replacement heifers. **Journal of Dairy Science**, v. 100, n. 2, p. 1161-1169, 2016.

WARD JR., J. H. Hierarchical grouping to optimize an objective function. **Journal of the American Statistical Association**, v. 58, p. 236-244, 1963.

WILSON, J. R. Organization of forage plant tissues. In: JUNG, H.G., BUXTON, D.R., HATIFIELD, R. D. et al. (Ed.). **Forage cell wall structure and digestibility**. Madison : American Society of Agronomy, Crop Sci. Society of America, Soil Sci. Society of America, 1993. p. 1-32.

WOOD, P. D. P. Algebraic model of the lactation curve in cattle. **Nature**, v. 216, p. 164-165, 1967.

ZAMBOM, M. A.; ALCALDE, C. R.; MARTINS, E. N.; SANTOS, G. T. dos; MACEDO, F. A. F. de; HORST, J. A.; VEIGA, D. R. de. Curva de lactação e qualidade do leite de cabras Saanen recebendo rações com diferentes relações volumoso: concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 34: 2515-2521, 2005.

# CAPÍTULO

## 1 INTRODUÇÃO

As dietas para cabras leiteiras são formuladas com intuito de explorar o potencial produtivo respeitando a viabilidade de cada sistema. Dentre as entidades nutricionais analisadas nas rações a fibra sobressai, pois, está associado às concentrações de energia e aos efeitos de enchimento do trato gastrointestinal. Através do sistema detergente e quantificação da fibra em detergente neutro (FDN) foi possível estabelecer razões entre a composição química dos alimentos e a eficiência no aproveitamento dos carboidratos fibrosos.

A homeostasia do ambiente ruminal depende de eventos que modulam às taxas de degradação e passagem da digesta. Os aspectos químicos e físicos da fibra são ligados a estes eventos através de mudanças respectivamente na concentração de carboidratos de lenta degradação e na superfície de acesso microbiano.

Uma forma de avaliar as alterações no perfil da dieta é a observação do comportamento ingestivo, segundo van SOEST (1964) o tempo de ruminação e mastigação é diretamente proporcional ao conteúdo de fibra. Porém, para fibra fisicamente efetiva Mertens, (1992) relata que os alimentos finamente moídos reduzem o tempo da atividade mastigatória e se tornam pouco eficientes na manutenção da motilidade e tamponamento. Apesar do conhecimento e da relevância do efeito concentração e da ação física da fibra, estas variações são estudadas separadamente, não havendo estudos considerando a interação entre elas.

Entre os métodos utilizados para avaliação comportamental, as observações tomadas sequencialmente ao longo de um dia e uma noite, compõem um padrão nictemeral, estas abordagens usando dados em séries temporais têm sido utilizadas para compreender a relação entre diferentes tipos de atividades, estados e causas do comportamento ingestivo (FISCHER et al., 2000) e relacioná-los a performance dos animais.

Diante da importância da fibra na alimentação quanto às mudanças em quantidade e efetividade, propõe-se a investigação do comportamento ingestivo e desempenho de cabras leiteiras consumindo dietas com interação de crescente concentração de fibra e tamanhos de partícula.

## 2 MATERIAL E METODOS

O banco de dados utilizados neste estudo foi obtido por Felibersto et al. (2011). O experimento foi conduzido nas dependências do Setor de Caprinocultura do Departamento de Zootecnia da Universidade Federal de Viçosa, que avaliou o efeito da combinação de tamanho de partícula e o nível de fibra da forragem sobre o comportamento ingestivo e a produção de leite. Utilizaram-se de 48 cabras adultas em lactação, múltíparas, com massa corporal e produção de leite semelhante.

Durante os 96 dias de avaliação, sendo dez dias de adaptação, os animais foram distribuídos de forma aleatória e mantidos confinados em baias individuais de 3 m<sup>2</sup>, com piso ripado de madeira, comedouro e bebedouro. Utilizou-se delineamento experimental inteiramente casualizado em arranjo fatorial 3 × 4, com a combinação entre tamanhos de partícula (TP) da forragem (2, 5 e 15 cm de comprimento) e os níveis de fibra em detergente neutro (FDN) oriundo da forragem (34, 41, 49, 57% FDNf), totalizando quatro repetições por tratamento.

### 2.1 Alimentação

A formulação da ração consistiu nos alimentos: feno de capim-tifton (*Cynodon dactylon*) com 30 dias de idade, o fubá de milho (*Zea mays* L.), o farelo de soja (*Glicine max* L.) e uma mistura mineral. O feno de capim-tifton foi produzido no próprio setor de Caprinocultura, para atingir os tamanhos de partícula desejáveis (2, 5 e 15 cm de comprimento), sendo realizada a trituração com recurso dos equipamentos do setor.

As dietas foram balanceadas para atender as exigências nutricionais dos animais (AFRC, 1993), de forma conter 15% de proteína bruta, variando na proporção volumoso e concentrado de acordo com os níveis crescentes de FDNf na dieta (Tabela 1).

A alimentação foi realizada duas vezes ao dia (7 e 16 horas), o acesso à dieta e água *ad libitum*, e as sobras ajustadas a cada dois dias para no máximo 10% da dieta. As amostras de alimento armazenadas e feitas análises físico-química da composição das dietas pelas metodologias de matéria seca (MS) (SILVA, 2002) e fibra em detergente neutro (FDN) (van SOEST et al., 1991).

**Tabela 1** - Composição química das dietas experimentais

| Item                                     | Níveis de FDNf (%MS)                  |        |        |        |
|--|---------------------------------------|--------|--------|--------|
|  | 34                                    | 41     | 49     | 57     |
|  | ----- Composição -----                |        |        |        |
| MS (g.kg <sup>-1</sup> )                 | 882,66                                | 884,33 | 884,40 | 883,48 |
| MO (g.kg <sup>-1</sup> )                 | 920,97                                | 913,13 | 898,04 | 899,35 |
| PB (g.kg <sup>-1</sup> )                 | 153,00                                | 151,04 | 155,81 | 148,52 |
| EE (g.kg <sup>-1</sup> )                 | 21,59                                 | 15,39  | 13,94  | 12,72  |
| CT (g.kg <sup>-1</sup> )                 | 746,38                                | 746,69 | 730,71 | 732,81 |
| CNF (g.kg <sup>-1</sup> )                | 339,86                                | 287,03 | 201,66 | 145,75 |
| FDN (g.kg <sup>-1</sup> )                | 461,85                                | 523,56 | 605,63 | 670,31 |
| FDNcp (g.kg <sup>-1</sup> )              | 406,52                                | 459,66 | 529,06 | 587,06 |
| FDNf (g.kg <sup>-1</sup> )               | 347,05                                | 418,50 | 500,16 | 581,82 |
| FDA (g.kg <sup>-1</sup> )                | 194,77                                | 227,91 | 266,05 | 301,83 |
| PIDN (g.kg <sup>-1</sup> PB)             | 262,46                                | 297,39 | 351,74 | 390,63 |
| PIDA (g.kg <sup>-1</sup> PB)             | 36,03                                 | 41,24  | 46,44  | 52,29  |
| LDA (g.kg <sup>-1</sup> )                | 25,30                                 | 29,00  | 34,31  | 39,14  |
| Cinzas (g.kg <sup>-1</sup> )             | 79,03                                 | 86,87  | 99,55  | 105,96 |
| Ca (g.kg <sup>-1</sup> )                 | 5,20                                  | 5,86   | 5,76   | 5,54   |
| P (g.kg <sup>-1</sup> )                  | 2,08                                  | 2,09   | 2,10   | 2,04   |
|  | ----- Valor estimado de energia ----- |        |        |        |
| NDT (g.kg <sup>-1</sup> )                | 662,93                                | 654,65 | 603,77 | 569,80 |
| EM (Mcal.kg <sup>-1</sup> )              | 2,50                                  | 2,46   | 2,24   | 2,09   |
| EL (Mcal.kg <sup>-1</sup> ) <sup>3</sup> | 1,50                                  | 1,48   | 1,36   | 1,28   |

MS = matéria seca; MO = matéria orgânica; PB = proteína bruta; EE = extrato etéreo; CT = carboidratos totais; CNF = carboidratos não-fibrosos; FDN = fibra em detergente neutro; FDNcp = fibra em detergente neutro corrigido em cinzas e proteína; FDNf = FDN proveniente da forragem; FDA = fibra em detergente ácido; PIDN = proteína insolúvel em detergente neutro; PIDA = proteína insolúvel em detergente ácido; LDA = lignina em detergente ácido; Ca = cálcio; P = fósforo; NDT = nutrientes digestíveis totais; EM = energia metabolizável; e EL = energia líquida.

Fonte: Felisberto (2011).

### 2.1.1 Avaliação do comportamento ingestivo

Para avaliar a interação entre diferentes tamanhos de partícula e níveis de FDN oriunda da forragem sobre o comportamento animal, foi instalado um sistema de monitoramento com câmeras filmadoras ligado a um *software* de computador (Geovision, modelo GV800<sup>®</sup>) para a gravação de 24 horas ininterruptas do comportamento animal (dois animais por câmera).

Foram observados e contabilizados por meio das imagens de vídeo dos animais os segundos gastos nas atividades: comer, ruminar, mastigar e em ócio a cada cinco minutos durante 24 horas, compondo o nictêmero por animal. Para caracterizar o comportamento do nictêmero ou da série temporal de cada tratamento, foi feita a média das repetições a cada observação, ou seja, a média do tempo gasto nas atividades de ingestão, ruminação, ócio e a mastigação (alimentação + ruminação) em segundos em intervalos de cinco minutos.

A fim de correlacionar as séries para compreender os padrões comportamentais no conjunto das observações, foi utilizada a ferramenta da análise multivariada de agrupamento ou *cluster*. Para o cálculo das distâncias entre as séries dos diferentes tratamentos, foram testadas as medidas de dissimilaridade: euclidiana, minkowski, manhattan, autocorrelação e distorção dinâmica no tempo, associadas as técnicas hierárquicas aglomerativas: simples, completa, média e mínima variância dentro do pacote *pvclust* do R.

Na escolha do melhor método de agrupamento e melhor medida hierárquica para os dados de comportamento ingestivo em série calculamos os coeficientes de correlação cofenética (Tabela 2), com a função *cophenetic* do R segundo (BUSSAB, 1990) calculada por:

$$r_{cof} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (C_{ij} - C)(S_{ij} - S)}{\sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (C_{ij} - C)^2} \sqrt{\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n (S_{ij} - S)^2}}$$

em que:  $C = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n C_{ij}$ ; e

$S = \frac{2}{n(n-1)} \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n S_{ij}$ .

Sendo,

$C_{ij}$  = valores de similaridade das séries nos pontos  $i$  e  $j$ , obtidos por meio da matriz cofenética; e

$S_{ij}$  = valores das séries nos pontos  $i$  e  $j$ , obtidos por meio matriz de similaridade.

Foi realizado teste t para comparar os valores dos coeficientes de correlação cofenética das diferentes atividades e por meio deste resultado realizamos a escolha da melhor combinação. Após esta etapa foram plotados os dendrogramas das atividades ingestivas, com a função *pvclust* no R, e o número cluster foi determinado com o auxílio

da técnica de reamostragem (SUZUKI; SHIMODAIRA, 2004b) (*bootstrap*) em 10.000 vezes, gerando  $p$ -valores aproximados (AU) com a função *nboot*., estes pv-valores são utilizados para medir a acurácia dos agrupamentos dentro do banco de dados, sendo  $p$ -valores aproximados (AU) é menor tendencioso quanto as probabilidades da existência dos grupos quando comparados com os valores de bootstrap (BP), por isso optamos pela utilização dos valores de AU dentro da biblioteca *pvclust*, o nível de significância adotado para dissimilaridade entre os clusters foi de  $\alpha \leq 0.05$ .

Para descrever o processo gerador das séries de alimentação, ruminação, mastigação e ócio após os agrupamentos, foi aplicada a metodologia de Box e Jenkins (1976), para modelar as séries temporais. A ordem dos parâmetros autorregressivos integrados e das médias móveis (ARIMA), aos quais demonstram dependência temporal, foram selecionados pelo critério de informação de Akaike (AIC), pela função *arima* no pacote *stats do R*, sendo o modelo:

$$y_t = \alpha_0 + \alpha_1 y_{t-1} + \dots + \alpha_p y_{t-p} + \varepsilon_t + \beta_1 \varepsilon_{t-1} + \dots + \beta_q \varepsilon_{t-q}$$

em que

$a_0$  = constante;

$\alpha_p$  = parâmetro  $\Phi$  (AR); e

$\beta_1$  a  $\beta_q$  = parâmetro  $\Theta$  (MA); e

O ajuste dos modelos foi verificado de acordo com o teste de Ljung–Box e os  $p$ -valores significantes à  $\alpha \leq 0,05$ . Foi realizado para as atividades que apresentarem mais de um agrupamento entre os tratamentos a comparação dos parâmetros através do intervalo de confiança à  $\alpha \leq 0,05$  de significância. As análises estatísticas foram feitas utilizando o *software R*.

### 2.1.2 Avaliação da produção de leite

Para avaliar a produção de leite dos animais, durante todo o período experimental realizou-se a ordenha manual duas vezes ao dia, nos períodos de 6 horas e 14h30; sendo o leite pesado individualmente com a utilização de balança digital com precisão de duas casas decimais. Os dados de produção inicial até o pico de lactação foram utilizados para melhor predizer os parâmetros do modelo considerando os animais em

mesmas condições. No entanto, os animais só receberam os tratamentos após o pico de produção aos 60 dias de lactação.

Os modelos testados a fim de descrever as curvas de lactação foram os modelos não lineares (BRODY et al., 1924; WOOD, 1967; JENKIS; FERREL, 1984), com os dados de 96 dias de produção dos animais de cada tratamento. O melhor modelo não linear foi selecionado pelo método da máxima verossimilhança, sendo a escolha da estrutura de covariância feita pelo critério de Akaike, por meio das funções da biblioteca *nlme*. As curvas de lactação foram plotadas. Os parâmetros de cada tratamento foram extraídos e comparados através do intervalo de confiança adotando 5% de significância. Todas as análises foram feitas utilizando o *software R*.

### 3 RESULTADO

#### 3.1 Resultados dos agrupamentos

A escolha da métrica e do algoritmo para os agrupamentos foi analisada por meio da correlação cofenética. Quando comparados os coeficientes de correlação cofenética da combinação entre as diferentes métricas de dissimilaridade e os algoritmos hierárquicos em estudo, o teste t não foi significativo ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 2, Tabela 3). Portanto, com base na literatura foi selecionado como medida de agrupamento a distância euclidiana associada ao algoritmo de ligação média e os dendrogramas foram gerados para compreender a similaridade entre as atividades nictemerais de alimentação, ruminação, mastigação e ócio dos tratamentos.

**Tabela 2** - Valores da correlação cofenética com diferentes combinações entre algoritmos e distâncias

| Atividade  | Algoritmo | Métricas de distância |           |           |           |
|------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|-----------|
|            |           | EUCL                  | MAN       | ACF       | DTW       |
| Comendo    | Simple    | 0,7591896             | 0,7591896 | 0,8197708 | 0,6589549 |
| Comendo    | Completa  | 0,8250507             | 0,8250507 | 0,5509463 | 0,6066475 |
| Comendo    | Média     | 0,830895              | 0,830895  | 0,771863  | 0,7604317 |
| Comendo    | Ward      | 0,7895115             | 0,7895115 | 0,8084266 | 0,5058927 |
| Mastigação | Simple    | 0,5717008             | 0,647942  | 0,7769798 | 0,6751915 |
| Mastigação | Completa  | 0,6184607             | 0,6060303 | 0,7950892 | 0,6893083 |
| Mastigação | Média     | 0,7580179             | 0,7598291 | 0,6663895 | 0,7255382 |
| Mastigação | Ward      | 0,7201315             | 0,7533907 | 0,557546  | 0,7055397 |
| Ruminação  | Simple    | 0,5952267             | 0,5952267 | 0,271011  | 0,5455346 |
| Ruminação  | Completa  | 0,6552138             | 0,6552138 | 0,6381917 | 0,7068616 |
| Ruminação  | Média     | 0,6922062             | 0,6922062 | 0,6428125 | 0,7382388 |
| Ruminação  | Ward      | 0,4353312             | 0,4353312 | 0,5554192 | 0,5152461 |
| Ócio       | Simple    | 0,2027639             | 0,2909564 | 0,5132547 | 0,699225  |
| Ócio       | Completa  | 0,6536785             | 0,6986827 | 0,6630756 | 0,497458  |
| Ócio       | Média     | 0,7093961             | 0,6820828 | 0,6867074 | 0,7382487 |
| Ócio       | Ward      | 0,678076              | 0,6891732 | 0,5514903 | 0,480606  |

EUCL = distância euclidiana; MAN = distância Manhattan; ACF = distância baseada na autocorrelação; e DTW = distância dinâmica do tempo.

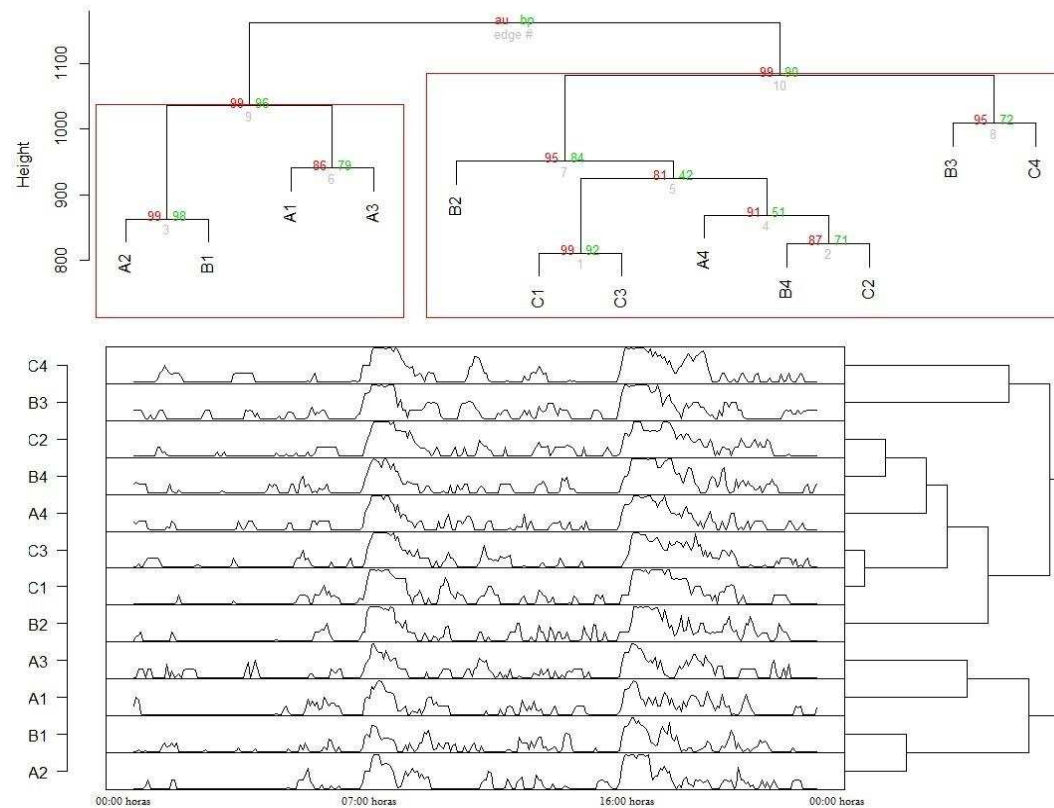
**Tabela 3** - P-valores do teste t, por meio dos valores da CC com diferentes combinações das métricas de dissimilaridade e algoritmo hierárquico.

| A. DTW  | C. DTW | S. DTW  | W. ACF | A. ACF  | C. ACF | S. ACF | W. Man | A. Man | C. Man | S. Man | W. Eucl | A. Eucl | C. Eucl | S. Eucl |                |
|---------|--------|---------|--------|---------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|---------|---------|---------|---------|----------------|
|         |        |         |        |         |        |        |        |        |        |        |         |         |         | 1       | <b>S. Eucl</b> |
|         |        |         |        |         |        |        |        |        |        |        |         |         | 1       | 0,2862  | <b>C. Eucl</b> |
|         |        |         |        |         |        |        |        |        |        |        |         | 1       | 0,334   | 0,1630  | <b>A. Eucl</b> |
|         |        |         |        |         |        |        |        |        |        |        | 1       | 0,3326  | 0,7351  | 0,4181  | <b>W. Eucl</b> |
|         |        |         |        |         |        |        |        |        |        | 1      | 0,5395  | 0,1802  | 0,35,41 | 0,7995  | <b>S. Man</b>  |
|         |        |         |        |         |        |        |        |        | 1      | 0,3247 | 0,6727  | 0,4030  | 0,9047  | 0,2654  | <b>C. Man</b>  |
|         |        |         |        |         |        |        |        | 1      | 0,4719 | 0,1934 | 0,3669  | 0,8976  | 0,3962  | 0,1726  | <b>A. Man</b>  |
|         |        |         |        |         |        |        | 1      | 0,44   | 0,7637 | 0,4944 | 0,9244  | 0,4017  | 0,8278  | 0,3849  | <b>W. Man</b>  |
|         |        |         |        |         |        | 1      | 0,6549 | 0,3407 | 0,5009 | 0,8968 | 0,7019  | 0,3222  | 0,5342  | 0,7289  | <b>S. ACF</b>  |
|         |        |         |        |         | 1      | 0,6539 | 0,9599 | 0,2474 | 0,6346 | 0,4699 | 0,9505  | 0,2080  | 0,7153  | 0,3672  | <b>C. ACF</b>  |
|         |        |         |        | 1       | 0,6244 | 0,5084 | 0,7818 | 0,3132 | 0,9412 | 0,3260 | 0,6829  | 0,2348  | 0,9442  | 0,2689  | <b>A. ACF</b>  |
|         |        |         | 1      | 0,3440  | 0,6095 | 0,8802 | 0,6506 | 0,1529 | 0,3624 | 0,7209 | 0,7188  | 0,1344  | 0,4102  | 0,5509  | <b>W. ACF</b>  |
|         |        | 1       | 0,7263 | 0,3263  | 0,7906 | 0,7298 | 0,8125 | 0,0934 | 0,4113 | 0,5388 | 0,9023  | 0,0675  | 0,4832  | 0,4162  | <b>S. DTW</b>  |
|         | 1      | 0,7492  | 0,9328 | 0,2833  | 0,6164 | 0,8384 | 0,6735 | 0,1014 | 0,3289 | 0,6636 | 0,7486  | 0,0832  | 0,3816  | 0,5052  | <b>C. DTW</b>  |
| 1       | 0,0930 | 0,06373 | 0,1481 | 0,1829  | 0,2167 | 0,3379 | 0,4253 | 0,9843 | 0,4172 | 0,1933 | 0,3526  | 0,8394  | 0,3422  | 0,1740  | <b>A. DTW</b>  |
| 0,03454 | 0,3410 | 0,1920  | 0,4520 | 0,06778 | 0,1800 | 0,7690 | 0,2810 | 0,0272 | 0,0851 | 0,8587 | 0,3127  | 0,0237  | 0,0991  | 0,884   | <b>W. DTW</b>  |

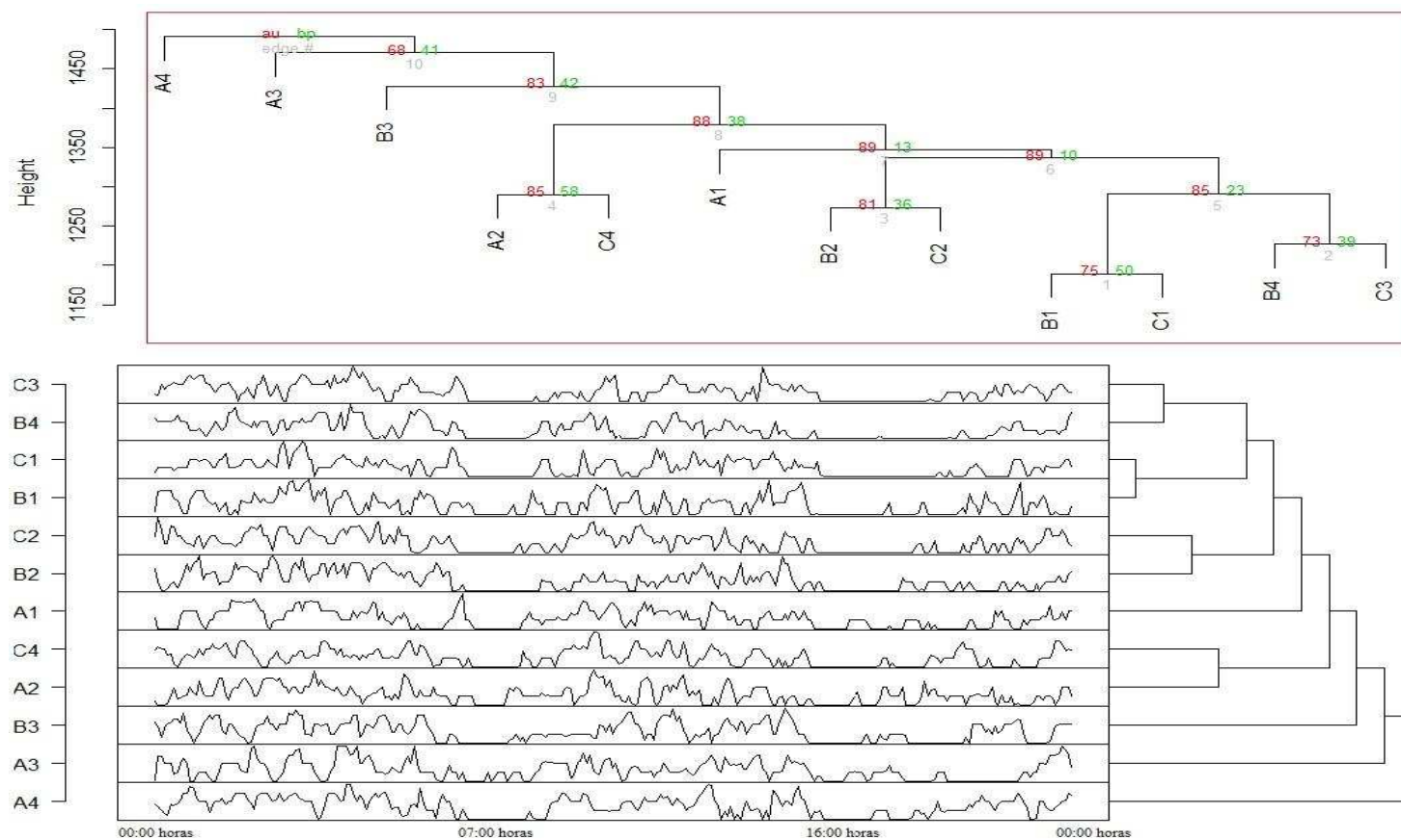
EUCL = distância euclidiana; MAN = distância Manhattan; ACF = distância baseada na autocorrelação; e DTW = distância dinâmica do tempo. A = média; C = completa; W = mínimos quadrados; S = simples.

O controle de o comportamento alimentar em curto prazo, ou seja, dentro de um dia é influenciada pelos estímulos do centro da fome e saciedade e dos efeitos físicos de enchimento. Dentre os estímulos para o início da atividade de alimentação temos a oferta do alimento, o que observamos no padrão nictemeral de alimentação próximos aos horários de 7:00 e 16:00 horas para todos os tratamentos (Figura 1). Ao aplicar a análise de agrupamento para a atividade de alimentação obtivemos dois agrupamentos com  $p$ -valores significativos ( $p \leq 0,05$ ) (Figura 1). O primeiro agrupamento foi composto pelos tratamentos: 34, 41 e 49% FDNf ambos com 2 cm de tamanho de partícula e 34% FDNf, com 5 cm de tamanho da partícula. O segundo agrupamento aos demais tratamentos: 57% de FDNf, com 2 cm de tamanho de partícula, 41, 49 e 57% FDNf, com 5 cm de tamanho de partícula, 34, 41, 49 e 57% de FDNf, com 15 cm de tamanho de partícula.

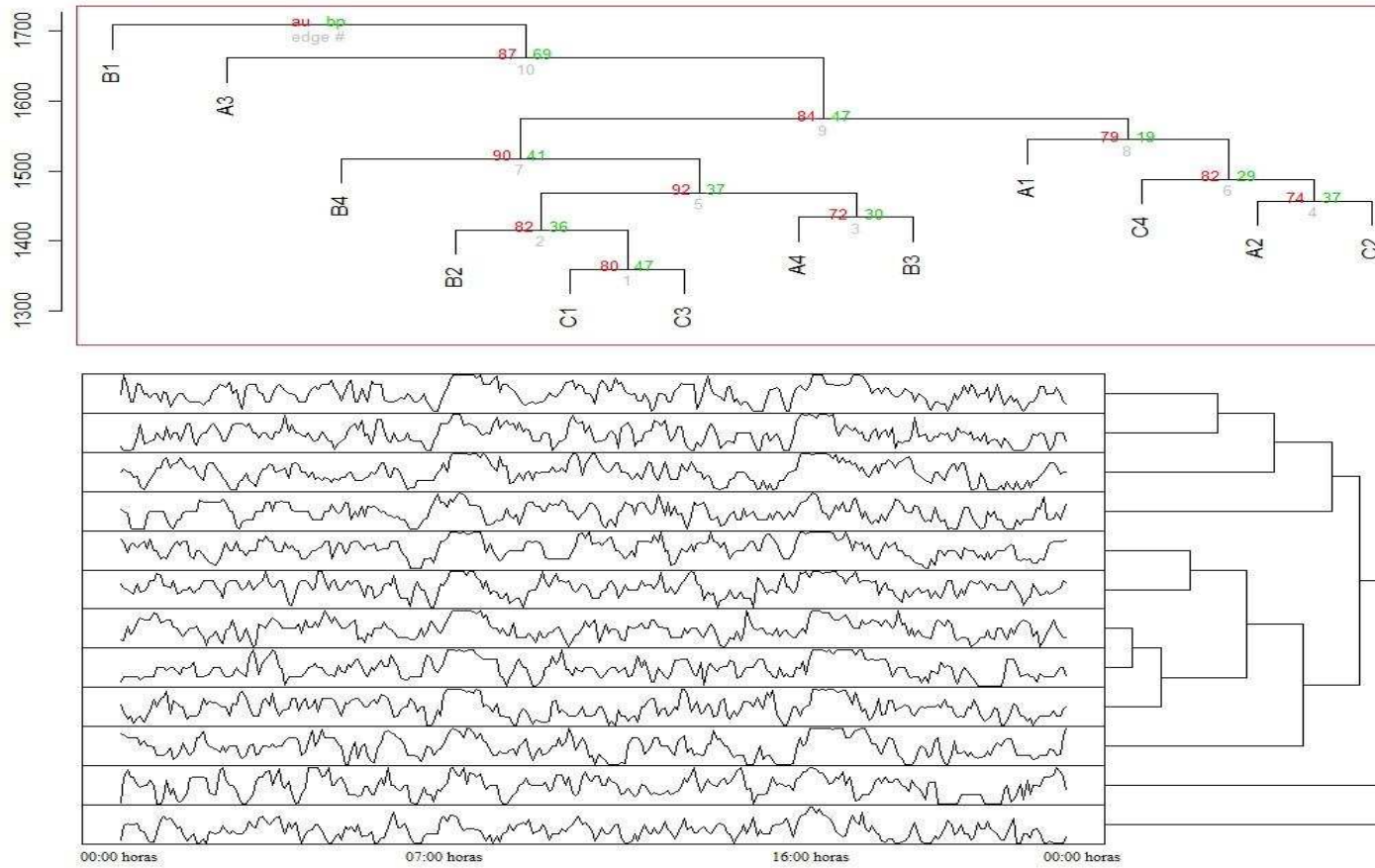
Para as atividades ingestivas de ruminação, mastigação e ócio para os tratamentos 34, 41, 49 e 57% FDNf com 2, 5 e 15 cm de tamanho de partícula, os padrões nictemerais foram similares, não apresentando significância entre os agrupamentos com  $p \leq 0,05$  de significância (Figura 2, 3 e 4).



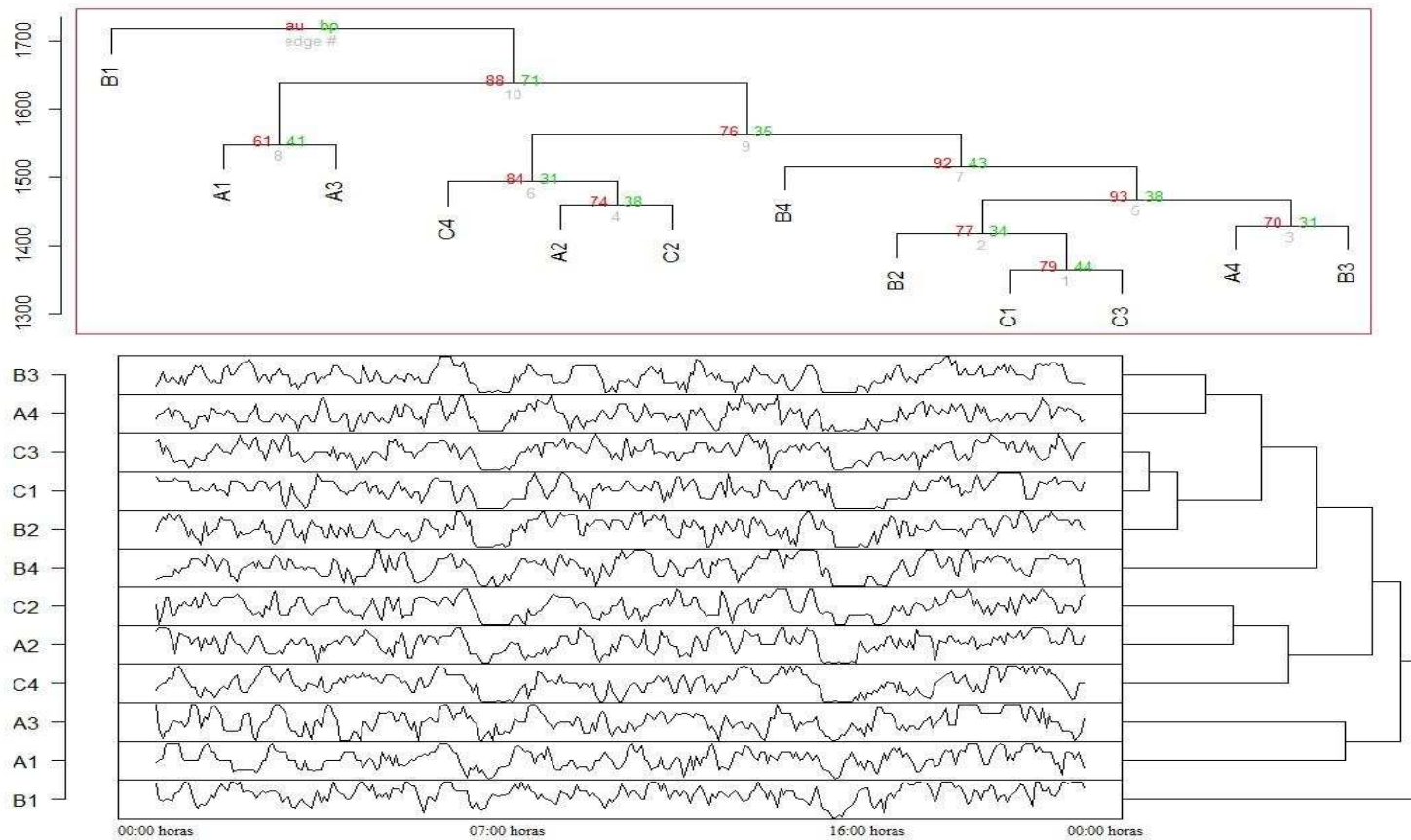
**Figura 1** - Dendrogramas dos padrões nictemeris da atividade de alimentação com diferentes concentrações FDNf e tamanho da partícula na dieta. A = 2,0 cm de tamanho da partícula; B = 5,0 cm de tamanho da partícula; C = 15,0 cm de tamanho da partícula; 1 = 34% FDNf; 2 = 41% FDNf; 3 = 49% FDNf; e 4 = 57% FDNf.



**Figura 2** - Dendrogramas dos padrões nictemerais da atividade de ruminação com diferentes concentrações FDNf e tamanho da partícula na dieta. A = 2 cm de tamanho da partícula; B = 5 cm de tamanho da partícula; C = 15 cm de tamanho da partícula; 1 = 34% FDNf; 2 = 41% FDNf; 3 = 49% NDNf; e 4 = 57% FDNf.



**Figura 3** - Dendrogramas dos padrões nictemerais da atividade de mastigação com diferentes concentrações FDNf e tamanho da partícula na dieta. A = 2,0 cm de tamanho da partícula; B = 5,0 cm de tamanho da partícula; C = 15,0 cm de tamanho da partícula; 1 = 34% FDNf; 2 = 41% FDNf; 3 = 49% FDNf; e 4 = 57% FDNf.



**Figura 4** - Dendrogramas dos padrões nictemerais da atividade de ócio com diferentes concentrações FDNf e tamanho da partícula na dieta. A = 2,0 cm de tamanho da partícula; B = 5,0 cm de tamanho da partícula; C = 15,0 cm de tamanho da partícula; 1 = 34% FDNf; 2 = 41% FDNf; 3 = 49% NDNf; e 4 = 57% FDNf.

### 3.2 Resultados das séries temporais

A observação do tempo gasto para cada atividade com intervalos de cinco minutos durante um período de 24 horas que caracteriza o padrão nictemeral compõe uma série temporal. Para cada agrupamento em relação à associação do nível de fibra com o tamanho da partícula na dieta das diferentes atividades ingestivas foram obtidas as séries temporais, que foram modeladas por meio dos ARIMA. A ordem dos modelos estocásticos e os parâmetros gerados seguiram o princípio da parcimônia.

Para os dois agrupamentos da atividade de alimentação os modelos ajustados seguiram a mesmo número de parâmetros de forma: AR (2) e MA (2). Ao comparar os valores dos parâmetros para as duas séries por meio do intervalo de confiança não apresentaram entre eles diferença estatística ( $p \leq 0,05$ ) (Tabela 4) logo é possível afirmar que as duas séries apresentam os mesmos parâmetros de forma, ou seja, o mesmo modelo gerador da série. Para os agrupamentos dos tratamentos das atividades comportamentais de ruminação, mastigação e ócio os modelos ajustados apesar de diferentes valores seguiram o mesmo número de parâmetros de forma AR (1) e MA (1) (Tabela 4).

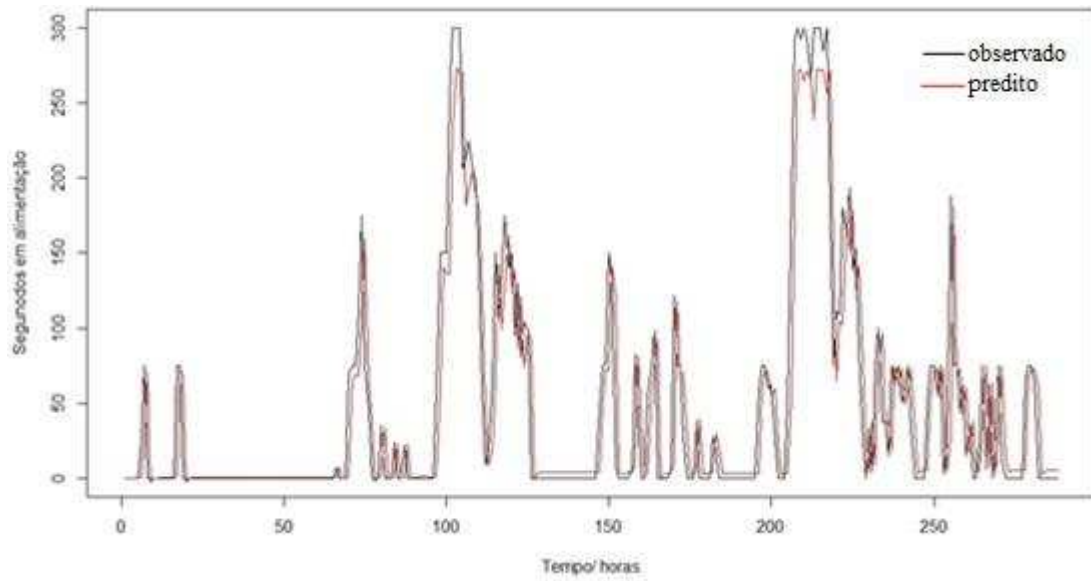
**Tabela 4** - Parâmetros dos modelos estocásticos para a dependência temporal das atividades ingestivas

| Parâmetros dos Modelos    |                            |                           |                             |                              |
|---------------------------|----------------------------|---------------------------|-----------------------------|------------------------------|
| Atividade                 | $\Phi$                     | $\Theta$                  |                             |                              |
| Ruminação                 | 0,5727                     | -0,8968                   |                             |                              |
| Mastigação                | 0,7067                     | -0,9999                   |                             |                              |
| Ócio                      | 0,7111                     | -0,9999                   |                             |                              |
| Ordem dos Modelos (ARIMA) |                            |                           |                             |                              |
| Parâmetros dos Modelos    |                            |                           |                             |                              |
| Atividade de Alimentação  | $\Phi 1$                   | $\Phi 2$                  | $\Theta 1$                  | $\Theta 2$                   |
| Cluster 1                 | 1,1592<br>(2,395; -0,077)* | -0,249<br>(0,853; 1,351)* | -1,2211<br>(0,028; -2,470)* | 0,2211<br>(1,470; -1,027)*   |
| Cluster 2                 | 0,3863<br>(0,756; 0,015)*  | 0,4681<br>(0,817; 0,119)* | 0,3467<br>(0,674; 0,019)*   | -0,6533<br>(-0,325; -0,980)* |

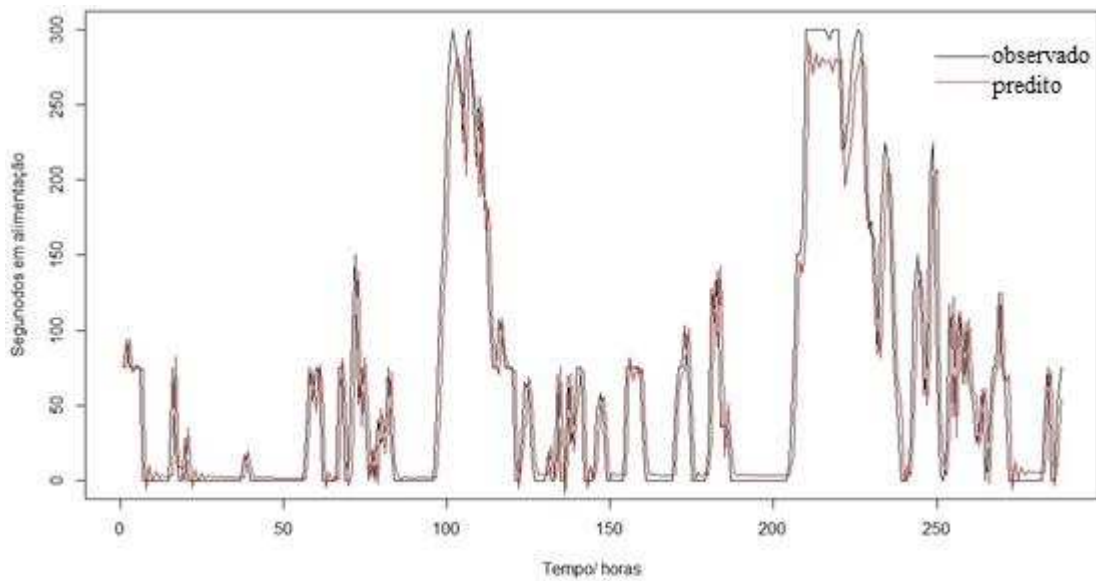
\*Intervalos de confiança entre parênteses.

Todos os modelos foram melhorados com o uso de uma diferenciação. A fim de comparar a captação do sinal pelos modelos de séries temporais gerados para todas as variáveis analisadas no comportamento ingestivo foram plotados os gráficos dos valores

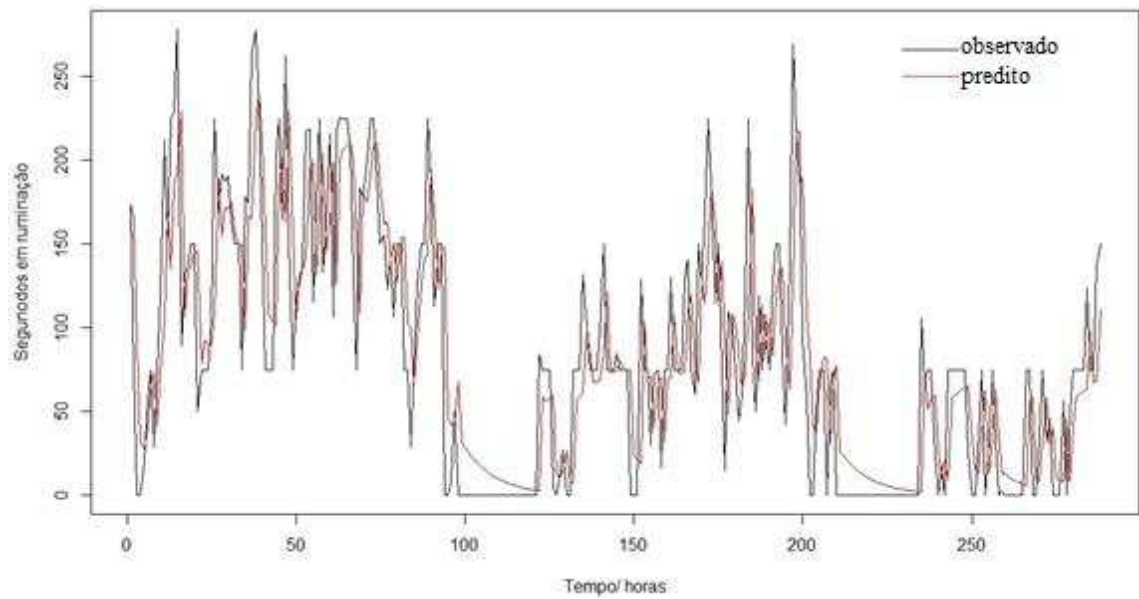
preditos em relação ao observado nas Figuras a seguir (Figura 5; Figura 6; Figura 7; Figura 8; Figura 9).



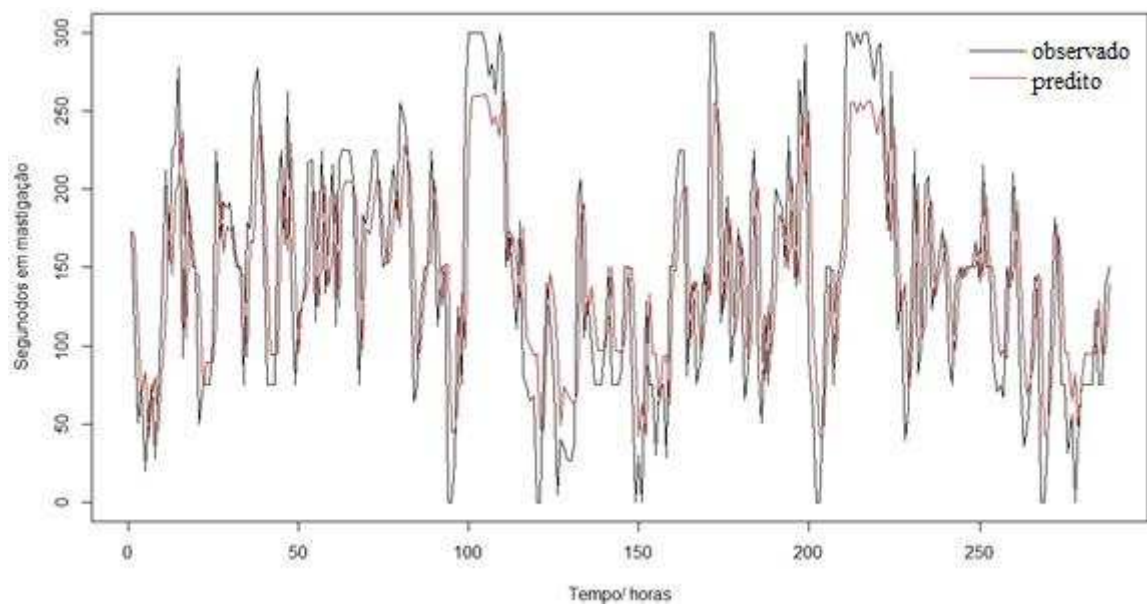
**Figura 5** - Série temporal do primeiro agrupamento da atividade de alimentação.



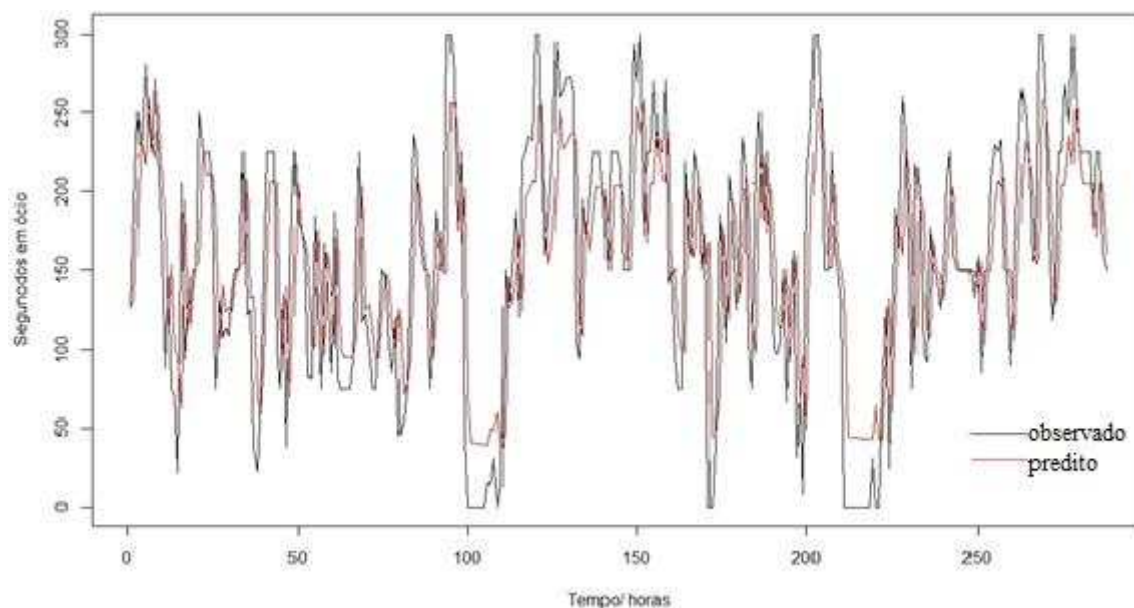
**Figura 6** - Série temporal do segundo agrupamento da atividade de alimentação.



**Figura7** - Série temporal do agrupamento da atividade de ruminação.



**Figura 8** - Série temporal do agrupamento da atividade de mastigação.



**Figura 9** - Série temporal do agrupamento da atividade de ócio.

### 3.3 Resultados das curvas de lactação

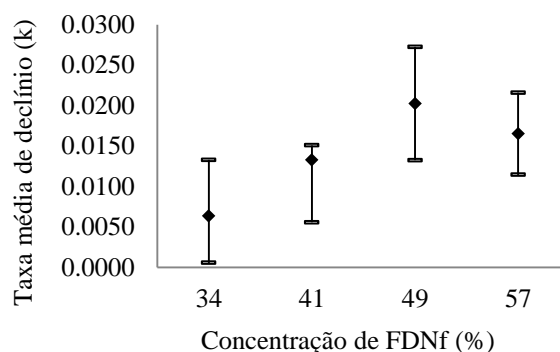
No estudo das curvas de lactação ao longo do período experimental para os tratamentos foram testados diferentes modelos sendo o modelo de Wood apresentou os melhores ajustes. É possível observar os parâmetros do modelo selecionado para cada tratamento na (Tabela 5).

**Tabela 5** - Parâmetros do modelo e coeficiente de determinação das curvas de lactação de cabras alimentadas com diferentes níveis de fibra e tamanho de partícula na dieta

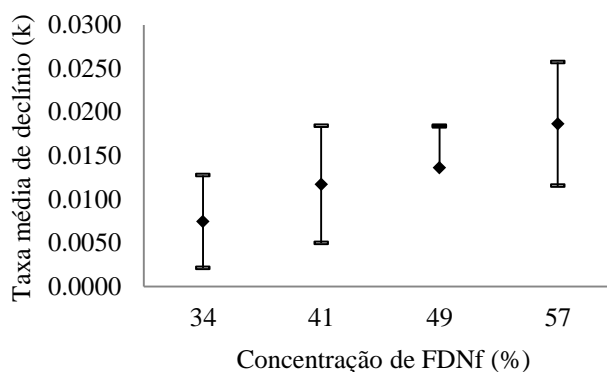
| Tamanho da Partícula<br>(cm) | FDNf<br>(%) | Parâmetros |        |           |
|------------------------------|-------------|------------|--------|-----------|
|                              |             | A          | b      | k         |
| 2                            | 34          | 1,6        | 0,0442 | 0,00636   |
| 2                            | 41          | 1,22       | 0,168  | 0,0103    |
| 2                            | 49          | 1,28       | 0,315  | 0,0202    |
| 2                            | 57          | 0,814      | 0,436  | 0,0165    |
| 5                            | 34          | 1,89       | 0,0308 | 0,00743   |
| 5                            | 41          | 1,14       | 0,239  | 0,0117    |
| 5                            | 49          | 0,894      | 0,33   | 0,0136    |
| 5                            | 57          | 1,33       | 0,254  | 0,0186    |
| 15                           | 34          | 1,32       | 0,0638 | 0,00523   |
| 15                           | 41          | 3,29       | -0,201 | 0,0000519 |
| 15                           | 49          | 1,22       | 0,204  | 0,0144    |
| 15                           | 57          | 3          | -0,128 | 0,00818   |

FDNf = fibra em detergente neutro oriunda da forragem; a = produção de leite inicial (kg); b = taxa de acréscimo de produção; k = taxa de declínio de produção após o pico.

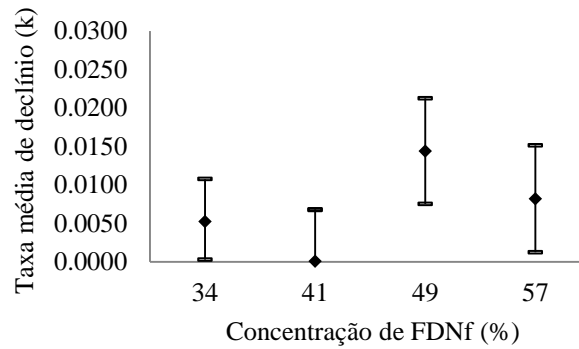
Na avaliação da queda de produção, o parâmetro de taxa média de declínio da curva de lactação embora não significativo pelo intervalo de confiança ( $p < 0,05$ ), foi possível observar neste parâmetro um comportamento crescente em relação ao aumento nas concentrações de fibra (Gráficos 1, 2 e 3).



**Gráfico 1-** Intervalos de confiança da taxa média de declínio (k) para diferentes concentrações de fibra com 2 cm de tamanho da partícula.



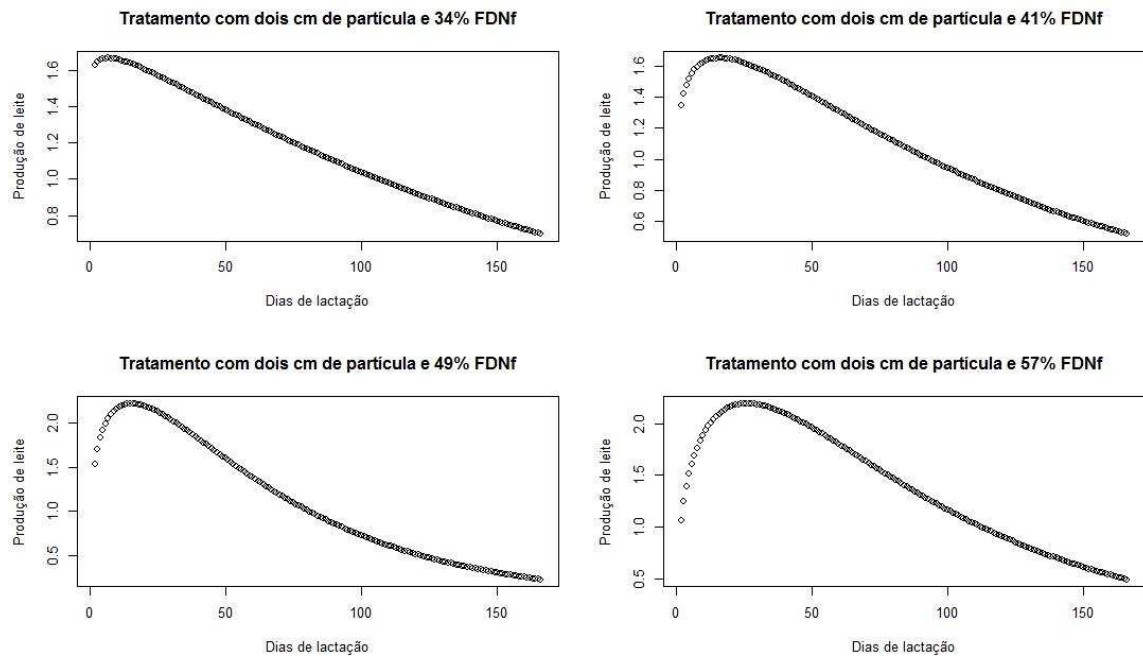
**Gráfico 2-** Intervalos de confiança da taxa média de declínio (k) para diferentes concentrações de fibra com 5 cm de tamanho da partícula.



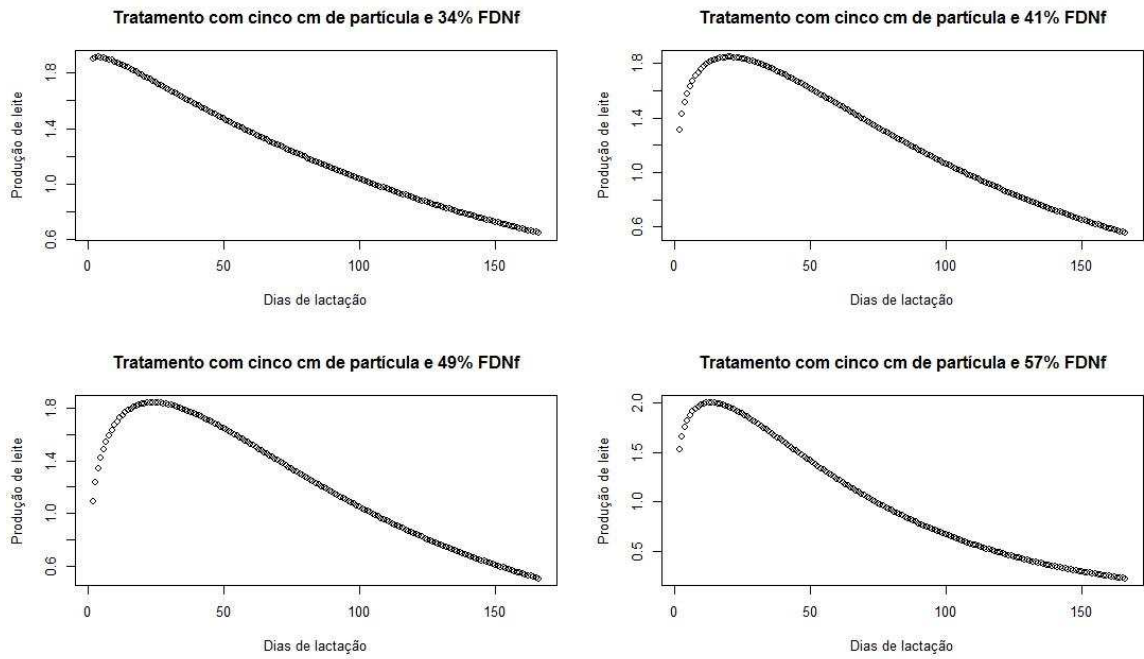
**Gráfico 3-** Intervalos de confiança da taxa média de declínio (k) para diferentes concentrações de fibra com 15 cm de tamanho da partícula.

Na interação entre a concentração de fibra e o tamanho de partícula, os valores da taxa média de declínio pouco se alteraram com o aumento do tamanho da partícula em concentrações de 34% FDNf. Porém, para as concentrações de 41 e 59 % de FDNf o aumento no tamanho da partícula apresentaram tendência decrescente, somente o tratamento com 47% de FDNf que não apresentou queda com partículas de 15 cm

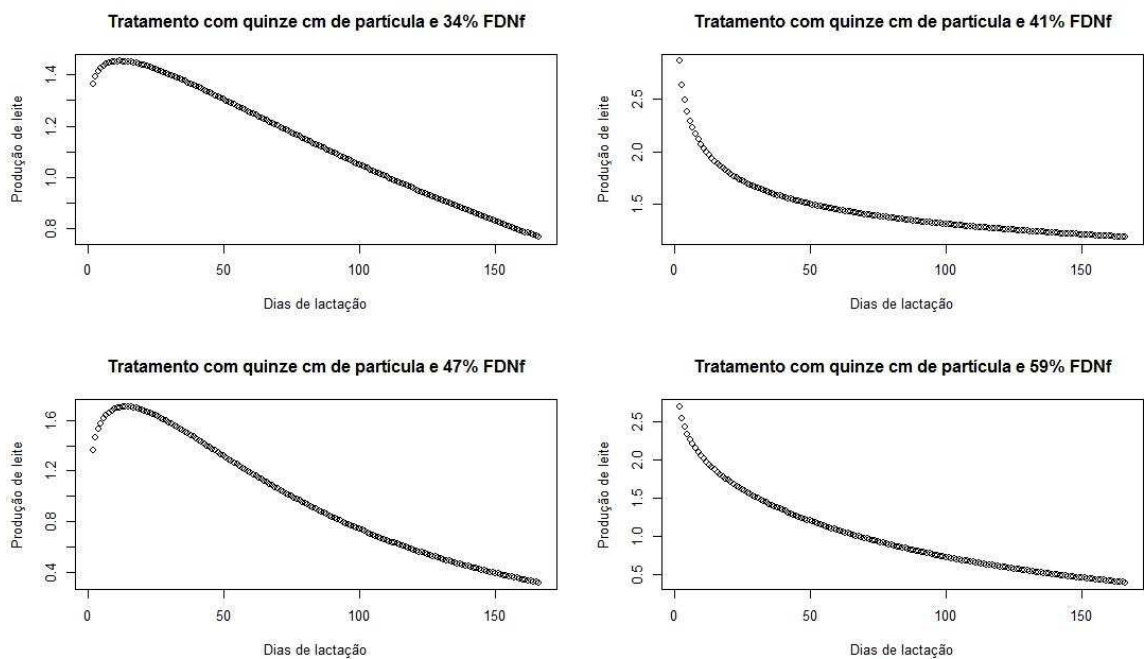
Nas Figuras 10, 11 e 12 das curvas de lactação são apresentados os resultados de produção após o pico da lactação dos diferentes tratamentos.



**Figura 10** - Curvas de lactação com dois cm de tamanho da partícula e concentração crescente de fibra.



**Figura 11** - Curvas de lactação com cinco cm de tamanho da partícula e concentração crescente de fibra.



**Figura 12** - Curvas de lactação com quinze cm de tamanho da partícula e concentração crescente de fibra.

## 4 DISCUSSÃO

A escolha da distância de similaridade ou dissimilaridade não é trivial, alguns estudos abordam métodos para escolha destas métricas para dados em séries relatando suas vantagens e desvantagens (SPOLAÔR et al., 2008; PEREIRA; DE MELLO, 2013; TAPINOS; MENDES, 2013). A distância euclidiana foi selecionada por ser comumente utilizada na análise multivariada de agrupamento, e o algoritmo de ligação média por produzir agrupamentos com menor variação interna (HAIR et al., 2009; AGHABOZORGI et al., 2015). Na formação dos dendrogramas o princípio subjacente à aplicação da análise agrupamento foi descobrir padrões que possam existir nos dados de comportamento ingestivo quando ofertado concentrações crescente de fibra associado a modificações no tamanho da partícula, sendo o uso das técnicas de reamostragem atrelados à probabilidade para acessar a acurácia destes agrupamentos (SUZUKI; SHIMODAIRA, 2006; SUZUKI; SHIMODAIRA, 2004b).

De acordo com Fischer et al. (1998), as atividades ingestivas são ritmadas, seguindo uma distribuição temporal. Os intervalos e o tamanho das refeições são controlados pela demanda energética e o efeito de distensão rumino reticular, e em resposta a estes sinais em curto prazo o animal cessa a atividade de alimentação (MERTENS, 1996). Na Figura 1 o comportamento alimentar ritmado pela oferta de alimento pode ter suas oscilações explicadas por cessar quando o animal atinge a saciedade atendendo em curto prazo á demanda do animal ou aos efeitos de enchimento do trato gastrointestinal impedindo o retorno ao consumo, estes fatores também podem ser evidenciados nas séries temporais de alimentação (Figura 5) (Figura 6).

A capacidade de acomodar o alimento dentro do trato digestório tem relação com a capacidade de extração dos nutrientes ingeridos, os pequenos ruminantes tem eficiência digestiva limitada por sua menor capacidade de reter a digesta devido ao tamanho corporal, para compensar esta deficiência estes animais como os caprinos selecionam alimentos de melhor qualidade ou que podem ser digeridos eficientemente (van SOEST, 1994).

Ao analisar a interação da quantidade de fibra com o tamanho da partícula os agrupamentos da atividade de alimentação demonstraram relevância do tamanho de partícula, no qual o primeiro agrupamento com menor tamanho de partícula (2 cm) temos menores picos de tempo gasto em alimentação em relação ás series do segundo

agrupamento (5 e 15 cm) (Figura 5) (Figura 6), este comportamento pode ser explicado pela capacidade de seleção da espécie caprina pois, com maiores tamanhos de partícula o animal tem maior possibilidade de seleção, no entanto, quando as partículas são muito finas há dificuldade na separação.

Quantidade e estimulação física através da fibra são necessárias para manter o bom funcionamento do rúmen. Segundo Mertens, (1997) a fibra fisicamente efetiva (FDNfe) está associada principalmente as características de tamanho e densidade da partícula, as quais podem impactar na saúde do animal, nos processos fermentativos e no metabolismo geral, independente da quantidade de fibra na dieta (MERTENS, 1997). Segundo Buxton et al. (1997) partículas menores apresentam maiores taxas de digestão pois, há maior área para acesso microbiano e maior passagem da fibra pelo orifício retículo-omasal, contudo, partículas maiores ficam retidas maior tempo no compartimento e também podem ser submetidas ao maior extração de energia.

Dentre as características ingestivas analisadas a ruminação é um processo essencial para facilitar a extração da energia retida nas frações fibrosas. A fibra fisicamente efetiva dentro da dinâmica de fermentação estimula a ruminação. De acordo com van Soest (1994b), o tempo total dispendido é proporcional ao teor de fibra na dieta, porém, a análise multivariada da atividade de ruminação não considera o tempo total da atividade, mas sim a comparação nictemeral, portanto, pequenas oscilações ao longo da distribuição temporal de ruminação não são dissimilares com o aumento no teor de fibra e no tamanho de partícula da dieta (Figura 2), pois, de acordo com Fischer et al. (2002), a proporção do tempo gasto ingerindo é mais variável ao longo da distribuição temporal do que a ruminação. A atividade de ruminação é composta por períodos com duração mais homogênea e de distribuição mais uniforme ao longo do nictêmero.

Outros fatores que devem ser considerados ao analisar os resultados do comportamento animal são a qualidade do alimento e o estágio fisiológico do animal. Segundo Regadas Filho et al., (2014) as cabras em lactação tendem a maiores taxas de passagem e uma redução na dependência temporal, o que não torna tão evidente as oscilações na ruminação ao longo do nictêmero, e também em consequência da seleção de partículas como já relatado na atividade de alimentação. Assim, se ingerido a partes de melhor qualidade da forrageira há maior facilidade na quebra da partícula pelos processos de ruminação e mastigação, contribuindo para a passagem destas através do trato digestório dos ruminantes.

O aumento do tamanho da partícula pode estimular a mastigação, bem como já visto para o processo de ruminação. A estrutura física da forragem é avaliada pelo potencial de estímulo e o tempo gasto na atividade mastigatória (MERTENS, 1997). Todavia, os tratamentos apresentaram padrões nictemerais similares para mastigação (Figura 3), pois este comportamento é dependente do somatório dos padrões de ruminação e alimentação, e está associado aos fatores que levaram à similaridade dos tratamentos dentro destas atividades.

A falta de estudos que aplicam a análise multivariada para comparação nictemeral do comportamento, dificulta a associação e interpretação dos resultados encontrados. Por meio dos nictêmeros é possível comparar os tratamentos com a distribuição real dos tempos das atividades de alimentação, ruminação e ócio, e encontrar padrões ingestivos de curto prazo relacionados à dieta.

Após o agrupamento nictemeral dos tratamentos para cada atividade, as ações externas não conhecidas e que não são relacionadas ao controle do consumo nas séries temporais, ou seja, nas atividades do comportamento ingestivo, podem ser efetivamente modeladas como processos estocásticos (MERTENS, 1996). Os modelos estocásticos permitem descrição probabilística do mecanismo gerador das séries temporais através dos parâmetros de forma (MORETTIN; TOLOI, 2006), saindo das descrições somente empíricas das séries comportamentais. Nas séries temporais é natural assumir que quanto mais próximas duas variáveis estiverem em relação ao intervalo entre os tempos considerados, maiores serão suas covariâncias ou dependência temporal.

Todos os modelos apresentaram melhor ajuste após a diferenciação, este processo permite eliminar possíveis tendências (MORETTIN; TOLOI, 2006), mesmo em séries de curto prazo como é o caso no estudo, assim foi possível a identificação da dependência temporal através dos modelos estocásticos. Para o comportamento alimentar dos dois agrupamentos no ajuste dos modelos pela máxima verossimilhança ambos seguiram a mesma ordem AR (2) e MA (2). Sendo então, respectivamente, todos os valores aleatórios das duas séries apresentam dependência temporal em função do valor da variável em dois tempos anteriores, e em função da quantidade aleatória também nos dois tempos anteriores à observação. Os parâmetros  $\Phi$  e  $\Theta$  foram comparados pelos intervalos de confiança, não sendo significativos, demonstram que o processo gerador é similar (Tabela 4).

Na escolha dos modelos das atividades de ruminação, mastigação e ócio todos apresentaram a mesma ordem seguindo AR (1) e MA (1), o que representa os valores

das variáveis aleatórias dessas séries temporais de atividades do comportamento ingestivo tem dependência temporal em função do valor da variável no tempo anterior e do valor de quantidade aleatória também no tempo anterior. Para visualizar a captação dos sinais das séries temporais de comportamento, foi feita análise gráfica entre os valores observados e preditos de cada uma delas (Figuras 5, 6, 7, 8 e 9), sendo possível afirmar um bom ajuste dos modelos para descrever as séries tempo do comportamento ingestivo.

Os parâmetros do modelo da curva de lactação estão relacionados com a produção de leite. A taxa média de declínio pós pico de produção ( $k$ ) apresenta correlação média e negativa com a produção de leite e é diretamente relacionado a persistência da lactação, o que significa que quanto menor a inclinação da curva na fase final da lactação maior a produção de leite (Guimaraes et al. 2006). Com base nesta afirmativa, aos observar os dados do (Gráfico 1) e às curvas de produção nas Figuras (10, 11 e 12), o aumento nas concentrações de fibra na dieta ocasionou queda na produção.

Na indústria do leite as dietas são formuladas para atender alta demanda de energia e exploração do potencial de produção dos animais (LI et al., 2014). O objetivo dos estudos com a fibra na alimentação de ruminantes é entender as limitações da digestão microbiana e passagem deste material sabendo do finito tempo de retenção, limite do consumo e enchimento do trato gastrointestinal (Van SOEST, 1993), e o impacto sobre o desempenho dos animais. A menor concentração de fibra (34% FDNf) em diferentes tamanhos da partícula (2, 5 e 15 cm) não alterou o declínio da produção de leite (Gráfico 4), por apresentar maiores teores de energia na ração, e a possível qualidade da fibra que mesmo com maiores partículas não apresenta dificuldade quanto á atividade de mastigação e extração da energia, sendo a qualidade das forragens o fator mais importante na produtividade (van SOEST, 1964).

Para as concentrações acima de 41% de FDNf, a taxa média de declínio ( $k$ ) reduziu com o tamanho da partícula (Gráfico 4), o que também pode evidenciar o fator da seletividade no comportamento alimentar destes animais como aumento da partícula, permitido a ingestão de um material de melhor de qualidade, e também pelo maior tamanho da partícula aumentando o tempo de retenção ruminal, logo obteve-se melhor aproveitamento dos constituintes da ração, o que leva ao menor declínio das curvas de produção após o pico da lactação, maior produção de leite e persistência da lactação.

## **5 CONCLUSÃO**

O tamanho de partícula associado a crescentes concentrações de fibra influencia no comportamento alimentar refletindo na produção de leite. O aumento dos níveis de FDNf reduz a disponibilidade de energia e conseqüentemente a produção ao longo da lactação.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGHABOZORGI, S.; SHIRKHORSHIDI, A. S.; WAH, T. Y. Time-series clustering—A decade review. **Information Systems**, v. 53, p. 16-38, 2015.

ALBRIGHT, J. Feeding behavior of dairy cattle 1, 2, 3. **Journal of Dairy Science**, v. 76, p. 485-498, 1993.

BAUMONT, R.; PRACHE, S.; MEURET, M.; MORAND-FEHR, P. How forage characteristics influence behaviour and intake in small ruminants: a review. **Livestock Production Science**, v. 64, p. 15-28, 2000.

BUSSAB, W. DE O.; MIAZAKI, E. S.; ANDRADE, D. **Introdução à análise de agrupamentos**. São Paulo: Associação Brasileira de Estatística, 1990. 105 p.

BUXTON, Dwayne R.; REDFEARN, Daren D. Plant limitations to fiber digestion and utilization. **The Journal of Nutrition**, v. 127, n. 5, p. 814S-818S, 1997

CARVALHO, S.; RODRIGUES, M. T.; BRANCO, R. H.; RODRIGUES, C. A. Comportamento ingestivo de cabras Alpinas em lactação alimentadas com dietas contendo diferentes níveis de fibra em detergente neutro proveniente da forragem. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 35, p. 562-568, 2006.

de MELO, A. L. P.; TORRES, R. A.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; FONSECA E SILVA, F.; RODRIGUES, M. T.; SILVA, F. G.; BRITO, L. F. Identificação e modelagem da autocorrelação residual no ajuste do modelo de Wood às curvas de lactação de cabras. **Ciência Rural**, v. 41, p. 1818-1822, 2011.

DULPHY, J.; REMOND, B.; THERIEZ, M. **Ingestive behaviour and related activities in ruminants**. Digestive Physiology and Metabolism in Ruminants, 1980. p. 103-122. Springer.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; DÈSPRES, L.; DUTILLEUL, P.; LOBATO, J. Padrões nictemerais do comportamento ingestivo de ovinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 27, p. 362-369, 1998.

FISCHER, V.; DESWYSEN, A. G.; DUTILLEUL, P.; BOEVER, J. d. Padrões da distribuição nictemeral do comportamento ingestivo de vacas leiteiras, ao início e ao final da lactação, alimentadas com dieta à base de silagem de milho. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 31, p. 2129-2138, 2002.

FISCHER, V.; DUTILLEUL, P.; DESWYSEN, A. G.; DÈSPRES, L.; LOBATO, J. F. P. Use of time-dependent transition probabilities for quantitative analysis of ingestive behavior of sheep: Part II. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 29, p. 1821-1831, 2000.

GUIMARÃES, V. P.; RODRIGUES, M. T.; SARMENTO, J. L. R.; ROCHA, D. d. Utilização de funções matemáticas no estudo da curva de lactação em caprinos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, 35: 535-543, 2006.

HAIR JR., J. F.; BLACK, W. C.; BABIN, B. J.; ANDERSON, R. E.; TATHAM, R. L. **Análise multivariada de dados**. 6. ed. Porto Alegre: Bookman, 2009. 688 p.

LI, F.; LI, Z.; LI, S.; FERGUSON, J. d.; CAO, Y.; YAO, J.; SUN, F.; WANG, X.; YANG, T. Effect of dietary physically effective fiber on ruminal fermentation and the fatty acid profile of milk in dairy goats. **Journal of Dairy Science**, v. 97, p. 2281-2290, 2014.

MERTENS, D. Predicting intake and digestibility using mathematical models of ruminal function. **Journal of Animal Science**, v. 64, p. 1548-1558, 1987.

MERTENS, D. Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows. **Journal of Dairy Science**, v. 80, p. 1463-1481, 1997.

MERTENS, D. R. Methods in modelling feeding behaviour and intake in herbivores. **Annales de Zootechnie**, v. 45, Suppl., p 153-164, 1996.

MORETTIN, P. A.; TOLOI, C. **Análise de séries temporais**. 2. ed. São Paulo: Blucher, 2006.

PEREIRA, C. M. M.; MELLO, R. F. de. Common Dissimilarity Measures are Inappropriate for Time Series Clustering. **Revista de Informática Teórica e Aplicada**, v. 20, p. 25-48, 2013.

REGADAS FILHO, J. G. L.; TEDESCHI, L. O.; VIEIRA, R. A. M.; RODRIGUES, M. T. Assessment of the heterogeneous ruminal fiber pool and development of a mathematical approach for predicting the mean retention time of feeds in goats. **Journal of Animal Science**, v. 92, p, 1099-1109, 2014.

SILVA, D.; QUEIROZ, A. C. **Análise de alimentos: métodos químicos e biológicos** 3. ed. Viçosa: UFV, 2002. 235 p.

SPOLAÔR, N.; LEE, H. D.; FERRERO, C. A.; COY, C. S. R.; FAGUNDES, J. J.; WU, F. C. Um estudo da aplicação de clustering de séries temporais em dados médicos. In: CONGRESSO DA ACADEMIA TRINACIONAL DE CIÊNCIAS, 3., 2008. Foz do Iguaçu. **Anais...** Foz do Iguaçu: PTI, 2008. p. 1-10.

SUZUKI, R.; SHIMODAIRA, H. An application of multiscale bootstrap resampling to hierarchical clustering of microarray data: How accurate are these clusters. **The Fifteenth International Conference on Genome Informatics**, 2004. p. 034.

SUZUKI, R., and H. SHIMODAIRA. Pvclust: an R package for assessing the uncertainty in hierarchical clustering. **Bioinformatics**, v. 22, n. 12, p. 1540-1542, 2006.

TAPINOS, A.; MENDES, P. A method for comparing multivariate time series with different dimensions. **PloS one**, v. 8, p. e54201, 2013.

van SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

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

WANG, H. R., CHEN, Q., CHEN, L. M., GE, R. F., WANG, M. Z., YU, L. H., & ZHANG, J. Effects of dietary physically effective neutral detergent fiber content on the feeding behavior, digestibility, and growth of 8-to 10-month-old Holstein replacement heifers. **Journal of dairy science**, 100(2), 1161-1169 2017.

ZAMBOM, M. A. et al. 2005. Curva de lactação e qualidade do leite de cabras Saanen recebendo rações com diferentes relações volumoso:concentrado. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 34, n. 6, p. 2515-2521 (supl.)