

Aplicação de Probabilidades de Transição de Estado Dependentes do Tempo na Análise Quantitativa do Comportamento Ingestivo de Ovinos. Parte I¹

Vivian Fischer², Pierre Dutilleul³, Armand Gerard Deswysen⁴, Lionel Dèspres⁴, José Fernando Piva Lobato⁵

RESUMO - Os padrões do comportamento ingestivo foram avaliados usando nove ovinos 1/2 Texel 1/2+Ile-de-France durante seis meses. Os ovinos receberam a dieta às 9 e 16 h, composta de 250 g de concentrado (15,45% PB, 36,54% FDN) e feno de gramíneas à vontade (6,69% PB, 69,10% FDN). O comportamento ingestivo foi medido continuamente durante cinco dias por período, suas atividades ou estados foram classificados como ingestão, ruminação ou descanso e registrados seqüencialmente. No cálculo das probabilidades, foi necessário discretizar as séries temporais, que incorporaram as probabilidades de estar em determinado estado, de permanecer neste estado e de mudar de um estado para outro. As probabilidades foram estimadas em diferentes tempos, sem assumir a pressuposição de estacionaridade. O intervalo de amostragem de 5 minutos foi considerado o mais adequado em relação aos de 7 e 10 minutos, perdendo menor número de informações, sobretudo em relação às mudanças de estado. Os valores das probabilidades de estar ou permanecer em determinado estado foram maiores que as probabilidades de transição de estado. Foram verificadas diferenças quanto aos valores médios das probabilidades entre os períodos de medida, parcialmente relacionadas com as modificações do consumo voluntário provocadas pelos efeitos do fotoperíodo.

Palavras-chave: comportamento animal, escala de tempo, mudança de estado

Use of Time-dependent Transition Probabilities for Quantitative Analysis of Ingestive Behavior of Sheep. Part I

ABSTRACT - The ingestive behavior patterns were evaluated using nine sheep 1/2 Texel+1/2 Ile-de-France over a six-month period. Sheep were fed the diet at 9 a.m. and 4 p.m., which was composed by 250 g of concentrate (15.45% CP, 36.54% NDF) and *ad libitum* grass hay (6.69 % CP, 69.10 % NDF). The ingestive behavior was continuously measured by five days per period, and its activities or states were classified as eating, ruminating or idling, and sequentially registered. The time series was necessarily transformed in discrete variable, in the probability estimates, which incorporated the probabilities of being in a given state, of staying in that state and of changing from a state to another one. The probabilities were estimated at different times without assuming the stationary presumption. The 5 minutes time sampling interval was considered the most adequate as compared to 7 and 10 minutes, with less information lost especially in relation to the changes of states. The probability values of being or staying in a given state were higher than transition state probabilities. Measurement periods showed significant differences in overall mean probabilities values partially related to changes in voluntary intake due to photoperiod effect.

Key Words: animal behavior, changes of state, time scale

Introdução

O comportamento ingestivo dos ruminantes pode ser caracterizado por distribuição desuniforme de uma sucessão de períodos definidos e discretos de atividades, comumente classificadas como ingestão, ruminação e repouso (PENNING et al., 1991). Geralmente, a ingestão ocorre de uma forma mais concentrada durante o dia, e a duração das refeições é muito mais variável que a duração dos períodos de ruminação ou descanso

(DULPHY e FAVERDIN, 1987; DE BOEVER, 1991). As atividades de ingestão são influenciadas pela distribuição dos alimentos, pois estimula os animais a iniciar ou continuar uma refeição (CHASE et al., 1976). Ruminantes confinados, arraçoados duas vezes ao dia, apresentaram duas refeições principais após o fornecimento da ração, com duração de uma a três horas, além de número variável de pequenas refeições entre elas. Períodos de ruminação e descanso ocorreram entre as refeições, e sua duração e padrão de distribuição

¹ Parte da tese de doutorado do primeiro autor, parcialmente financiada pelo CNPq e pela CAPES.

² Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS, Brasil. Bolsista do CNPq. E-mail: vfried@portoweb.com.br

³ Departamento de Fitotecnia, McGill University, Canadá. E-mail: dutilleul@musica.mcgill.ca

⁴ Departamento de Biologia Aplicada e Produção Animal, Université Catholique de Louvain, Bélgica. E-mail: deswysen@gena.ucl.ac.be

⁵ Departamento de Zootecnia, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

foram influenciados pelas atividades de ingestão (MURPHY et al., 1983; DESWYSEN et al., 1993; e FISCHER et al., 1997a, 1997b).

A descrição do comportamento ingestivo e a sua predição poderão contribuir para o entendimento das causas do início ou término das refeições e, dessa forma, afetar o consumo voluntário dos animais. Todavia, a maioria das tentativas de descrever o comportamento ingestivo usando modelos multinomiais falhou por não reconhecer o padrão de distribuição desuniforme dos picos dos tempos de ingestão, ruminação e descanso (ROOK e PENNING, 1991). Estes autores desenvolveram um modelo matemático para ovelhas em pastejo utilizando probabilidades de transição dependentes do período de tempo prévio gasto em determinada atividade ou estado. Este modelo descreveu o comportamento ingestivo em pastejo de forma mais confiável que o modelo multinomial, mas tão eficiente quanto outro modelo baseado no processo de Markov. Entretanto, o processo de Markov não leva em conta o efeito dos períodos prévios de tempo gastos pelos animais em determinada atividade, porém considera que as probabilidades de transição de estado entre as diversas atividades são constantes durante o intervalo de tempo considerado. Entretanto, parece ser altamente improvável que um animal engajado em determinada atividade durante um período longo de tempo apresente a mesma probabilidade de transição de estado que outro animal engajado na mesma atividade durante um período de tempo mais curto, ou ainda que o momento do dia em que o animal se engaja nesta atividade não afeta a probabilidade de permanecer nesta atividade ou trocar desta para outra atividade. A evolução rítmica das atividades relacionadas ao comportamento ingestivo pode ser exemplificada pela distribuição circadiana da ruminação (GORDON e McALLISTER, 1970), concentrada principalmente durante a fase escura, e pela premência dos animais começarem a ingerir alimentos estimulada pelo arraçoamento (CHASE et al., 1976).

O cálculo das probabilidades de transição de estado pode servir para estimar o comportamento animal baseado em uma seqüência prévia de probabilidades (DUTILLEUL et al., 2000) ou ainda testar hipóteses sobre a influência de práticas de manejo ou modificações ambientais sobre o comportamento animal (FISCHER et al., 2000).

O objetivo deste estudo foi a estimação das probabilidades de transição de estado dependentes do tempo aplicadas ao estudo do comportamento ingestivo de ovinos.

Material e Métodos

O experimento foi desenvolvido entre outubro de 1992 e abril de 1993 e consistiu de seis períodos com duração de 28 a 43 dias. Os períodos de 1 a 6 corresponderam, respectivamente, aos meses de outubro, novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março/abril.

Os animais utilizados foram ovinos F1 Texel X Ile de France, sendo seis fêmeas e seis machos castrados, com aproximadamente oito meses de idade e peso vivo médio inicial de 52,1+6,2 kg. Os ovinos foram pesados no início e final de cada período experimental, antes de receberem a ração matinal. Entretanto, somente os dados de nove ovinos (três machos e seis fêmeas) foram usados nas análises estatísticas, devido a problemas de saúde.

Os animais receberam a mesma dieta durante todo o experimento, distribuída duas vezes ao dia (às 9 e 16h), que consistiu de 250 g de concentrado com 15,45 % de proteína bruta (PB) e 36,54 % de fibra em detergente neutro (FDN) (Goering e Van Soest, 1970), além de feno de gramíneas temperadas à vontade, com 6,69 % PB e 69,10 % FDN, permitindo-se 15 a 20% de sobras. Os ingredientes que compuseram o concentrado usado foram: 18% torta de linho, 2,25% torta de algodão, 3,15% farelo de soja, 6,30% feno de alfafa, 2,70% melaço, 3,6% suplemento mineral e vitamínico, 32,50% flocos de cevada e 31,50% de polpa. Sal mineral e água estiveram permanentemente disponíveis.

O comportamento ingestivo foi registrado continuamente, durante cinco dias, na última semana de cada período experimental. O método empregado foi o descrito por RUCKEBUSH (1963). Os movimentos mandibulares foram percebidos por meio do uso de um balão de borracha preenchido com espuma, colocado sob o maxilar e preso à cabeça do animal por arreios. As diferenças de pressão decorrentes foram registradas num fisiógrafo. Os tempos de ingestão, ruminação e descanso foram obtidos de forma seqüencial, à medida que ocorriam, por meio de leitura dos traços marcados em papel previamente escurecido com fuligem. Gerou-se uma lista seqüencial das atividades de ingestão, ruminação e descanso e suas respectivas durações para cada combinação de animal (n=9), dia (n=5) e período (n=6).

Apesar de o registro das seqüências comportamentais ter sido realizado continuamente, foi necessário discretizar o intervalo de tempo de amostragem, a fim de permitir o cálculo das probabilidades de transição de estado. Foram testados alguns intervalos de tempo

(5, 7 e 10 minutos), para definir o melhor intervalo de amostragem e, assim, permitir a detecção de mudanças nas taxas de ocorrência das atividades comportamentais. Foi utilizado o procedimento univariate do SAS (1988a), que possibilitou o cálculo das durações mínima, máxima e média de cada atividade, além de fornecer a porcentagem dos períodos de cada atividade cuja duração era menor que a dos intervalos de amostragem, fornecendo uma idéia da sua capacidade de detecção.

Foram calculadas 12 séries de probabilidades de transição de estado, para cada combinação animal x período, cada uma delas mostrando a evolução nictemeral da probabilidade de: 1) um animal no estado eI (I = 1, 2, 3, respectivamente, os estados ingerindo, ruminando e ócio) no tempo inicial tI mudar para outro estado eF (F = 1, 2, 3 respectivamente, os estados ingerindo, ruminando e ócio) no tempo final tF; ou 2) um animal estar em um determinado estado eI ;ou 3) um animal permanecer no estado eI de tempo inicial tI ao tempo final tF.

O cálculo destes três tipos de probabilidades dependentes do tempo baseou-se no mesmo princípio estatístico de se estimar a probabilidade de um evento em relação a vários outros possíveis, por intermédio da sua frequência relativa observada (SNEDECOR e COCHRAN, 1967). Comparado à abordagem clássica (FAGEN e YOUNG, 1978), o cálculo dessas probabilidades apresenta uma particularidade: elas são estimadas em diferentes tempos, sem assumir a pressuposição de que as probabilidades de transição de estado sejam independentes de sua posição na seqüência temporal (estacionaridade temporal). Como resultado disto, uma resposta elementar binária - também chamada de variável indicadora randomizada (CRESSIE, 1993) - recebe o valor de zero ou 1 no tempo t, dependendo se o evento de interesse é observado ou não no tempo t, nas seqüências de dados comportamentais repetidas nos mesmos animais.

O significado da resposta elementar binária varia conforme o evento de interesse: estar em determinado estado no tempo t versus permanecer no mesmo estado ou mudar de estado no tempo t para o tempo tF. No primeiro caso, o valor 1 da resposta elementar binária simplesmente significa que o animal está em determinado estado no tempo t (um evento), enquanto, no último caso, o valor 1 combina dois eventos: estar em determinado estado no tempo t e estar em outro estado no tempo tF. Como são probabilidades dependentes do tempo, as probabilidades de transição de

estado são indicativas de momentos particulares, nos quais ocorrem mudanças de comportamento durante um intervalo de tempo considerado, enquanto as probabilidades de estar em determinado estado representam a probabilidade de um animal estar em estados distintos e suas flutuações no tempo.

Se $y = (y_1, t_1, 1; \dots; y_p, t_p)$ é o perfil comportamental de um animal durante determinado período de observação, em que y_1 é o estado inicial no tempo $t_1, 1$ (I = 1, ..., p). Se existem três estados possíveis (ingestão, ruminação e descanso), então p pode variar de 1 a 3. O comportamento ingestivo foi registrado durante cinco dias por período, tomados como repetições. Estas séries temporais registradas de forma contínua foram transformadas em séries de probabilidades dependentes do tempo calculadas em intervalos de tempo discretos da seguinte maneira. Para cada estado a e par de estados a, b (a,b = 1, 2, 3), uma resposta elementar binária de estar no estado a, permanecer no estado a ou mudar do estado a para o b, foi calculada a partir das seqüências comportamentais nos múltiplos do intervalo de amostragem. As diferentes probabilidades foram então estimadas pela média das respostas elementares binárias das repetições (dias) em cada múltiplo do intervalo de amostragem. As probabilidades de permanência no estado a do tempo t até o tempo t+Δt podem ser escritas matematicamente como: $PPE_{at} = P(\text{estado a tempo t} \cap \text{estado a tempo t+Δt})$, em que PPE_{at} é probabilidade de permanência no estado a no tempo t; P, medida clássica de probabilidade; e a, estado comportamental (a=1, 2 ou 3). As probabilidades de transição do estado a para o estado b do tempo t até o tempo t+Δt podem ser escritas matematicamente como: $PME_{abt} = P(\text{estado a tempo t} \cap \text{estado b tempo t+Δt})$, em que PME_{abt} é probabilidade de mudança do estado a para o estado b do tempo t para o tempo t+Δt.

Resultados e Discussão

Escala de tempo utilizada para discretizar as séries temporais

A menor duração dos períodos de ingestão, ruminação e descanso tomados como médias por animal e por período foi sempre superior a 4 minutos, sugerindo o uso de uma escala superior a este valor, porém inferior àquelas que provocariam perda considerável de informações. A escolha do intervalo para discretizar as séries temporais deve ser uma ponderação entre o

poder de detectar mudanças na ocorrência das atividades e a precisão, sem, no entanto, incorrer em redundância. A porcentagem acumulada de observações com duração inferior a 5, 7 ou 10 minutos variou conforme a atividade considerada, porém a escala de 5 minutos resultou em perda menor do número de observações, especialmente para as atividades de ingestão e repouso. Além disso, são mostradas na Tabela 1 as durações mínimas, médias e máximas de cada atividade. Os ovinos gastaram, em média, por ato, um pouco mais de tempo ruminando que ingerindo (34,60 x 33,81 min), porém mais tempo ingerindo ou ruminando que descansando (34,60 e 33,81 x 30,11 min) (Tabela 1).

Posteriormente, diferenças entre as probabilidades médias calculadas considerando as escalas de 5, 10 e 20 minutos foram examinadas por meio da inspeção de gráficos, os quais mostraram que alguns dos estados transitórios detectados na escala de 5 minutos não foram observados, quando a escala de 20 minutos era usada. As escalas de 5 e 10 minutos geraram curvas de formas semelhantes quanto à evolução nictemeral das séries temporais de probabilidades, mas a última apresentou valores menores das médias das probabilidades, provavelmente devido ao maior número de observações não consideradas.

O grau de semelhança entre as escalas variou conforme o tipo de probabilidade considerado, sendo maior para as probabilidades de estar e permanecer nas atividades, o que está provavelmente relacionado ao fato de os animais concentrarem o tempo gasto ingerindo, ruminando e descansando em períodos discretos, de duração média superior a 10 minutos. Entretanto, quando as probabilidades de transição de um estado para um outro foram consideradas, as diferenças entre as escalas foram mais pronunciadas,

o que foi relacionado à sua distinta capacidade de detecção das mudanças de ocorrência das atividades.

Apesar de a escala de 7 minutos ser frequentemente adotada na divisão das séries temporais em refeições ou em períodos de ruminação (DULPHY, 1971; DESWYSEN et al., 1989a; 1993), o seu uso, no presente trabalho, acarretaria perda de aproximadamente 8% das observações contra 3% com a escala de 5 minutos. BAUMONT (1989) também usou a escala de 5 minutos para identificar os períodos de ingestão e ruminação e ROOK e PENNING (1991) a usaram para discretizar as séries temporais registradas de forma contínua. A escolha da escala afeta a percepção do observador quanto à heterogeneidade de um sistema, e a adoção de uma escala inadequada pode comprometer a interpretação dos resultados (DUTILLEUL, 1996). Neste estudo, a adoção da escala de 5 minutos foi considerada a mais indicada em relação às escalas de 7 e 10 minutos, por detectar número maior de atividades, além de ser de valor semelhante à duração mínima das atividades. Além disso, a escala de 5 minutos apresenta outra vantagem, que é permitir o acompanhamento visual do comportamento de ruminantes em condições experimentais, em que os aparelhos eletrônicos de registro de dados não estejam disponíveis.

Probabilidades de permanência e transição de estado: efeitos dos períodos de medida

O estado ou atividade inicial (i) influenciou a probabilidade do animal passar de um estado a outro (j). Os valores, considerando a média de todas as combinações de animal x períodos, são apresentados na Tabela 2.

Os valores médios das probabilidades dos animais realizarem uma seqüência de atividades iguais durante

Tabela 1 - Durações média, mínima e máxima dos períodos de ingestão, ruminação e descanso
Table 1 - Mean, minimal and maximal durations of eating, ruminating and idling periods

Item	Duração (minutos) <i>Duration (minutes)</i>			Observações acumuladas abaixo de (%) <i>Cumulated observations under (%)</i>		
	Mínima <i>Minimal</i>	Média <i>Mean</i>	Máxima <i>Maximal</i>	5 minutos <i>5 minutes</i>	7 minutos <i>7 minutes</i>	10 minutos <i>10 minutes</i>
Média geral <i>Overall mean</i>	4,04	33,21	168,28	3,20	7,90	13,60
Ingestão <i>Eating</i>	4,07	33,81	166,00	1,60	6,30	12,30
Ruminação <i>Ruminating</i>	4,04	34,60	195,28	1,20	3,70	7,00
Descanso <i>Idling</i>	4,04	30,11	168,04	5,40	12,10	19,50

o dia, ou seja passarem do estado i , no instante t_i para o estado i no instante t_i+s , em que s é o valor da escala utilizada, foram maiores que os valores médios das probabilidades de transição entre estados distintos. Este resultado está possivelmente relacionado ao fato de os ruminantes concentrarem os tempos gastos ingerindo, ruminando e descansando em alguns períodos durante o nictêmero (PENNING et al., 1991). ROOK e PENNING (1991) verificaram que ovelhas em pastagens temperadas apresentaram valor mais elevado para a probabilidade de continuar na mesma atividade, durante vários períodos sucessivos de tempo, em relação às probabilidades de mudar de estado. Todavia, à medida que a duração prévia do tempo despendido em determinada atividade aumentou, diminuiu a probabilidade do animal continuar nesta mesma atividade.

O valor médio da probabilidade de permanecer ingerindo foi, aproximadamente, a metade do valor médio da probabilidade de permanecer ruminando ou descansando. Ruminantes confinados arraçoados duas vezes ao dia costumam realizar uma grande refeição, imediatamente após o fornecimento do alimento, que serviria de estímulo para o início das refeições (CHASE et al., 1976; DULPHY e FAVERDIN, 1987). Os períodos de ingestão apresentam uma distribuição mais desuniforme e uma duração mais variável que os períodos de ruminação e descanso, o que explicaria o menor valor médio diário da probabilidade de se detectar a seqüência ingestão-ingestão em relação às seqüências ruminação-ruminação e repouso-repouso, que são atividades com duração e distribuição mais uniformes durante o nictêmero (DULPHY e FAVERDIN, 1987). Por outro lado, a probabilidade de estar ou permanecer ingerindo atingiu seu valor máximo imediatamente após o arraçoamento dos animais, ressaltando o efeito deste em estimular todos

animais a ingerir, especialmente durante a manhã. As probabilidades dos ovinos de estarem ou permanecerem ingerindo variaram de forma oposta àquelas de estar ou permanecer ruminando ou descansando (Figuras 1, 2, 3). Isto está em acordo com o fato de que as atividades ingestão e ruminação são competitivas na partição do tempo entre as atividades comportamentais dos ruminantes (DESWYSEN et al., 1993).

O período em que foram efetuadas as medidas do comportamento ingestivo influenciou significativamente algumas das probabilidades de transição de estado. Os valores médios das probabilidades de transição de estado calculados por período (média de nove observações = número de animais) são apresentados na Tabela 3.

A probabilidade de passar do estado de ingestão para o de ruminação foi menor ($P=0,019$) durante o período março/abril que nos demais períodos, indicando que os animais estariam mais motivados a continuar ingerindo, o que está provavelmente relacionado ao maior apetite dos animais provocado pelo efeito do fotoperíodo sobre o metabolismo, como foi constatado por BLAXTER E BOYNE (1982).

A probabilidade de passar do estado de repouso para os estados de ingestão ou ruminação foi, respectivamente, maior durante o mês de janeiro que durante os meses de fevereiro e março/abril ($P = 0,040$) e maior em novembro e março/abril que em outubro ($P=0,018$). Estas diferenças foram relacionadas, respectivamente, ao maior número de pequenos picos do tempo gasto ingerindo na fase noturna, durante o mês de janeiro que em fevereiro e março/abril, e ao maior número de pequenos picos do tempo gasto ruminando, durante a fase noturna, durante o mês de novembro e março/abril que em outubro.

Quando se avaliaram as probabilidades dos animais estarem no estado de ingestão ou de realizar a seqüência ingestão-ingestão, pode-se constatar a ocorrência de dois picos no valor das probabilidades: o primeiro no início dos registros e o segundo, após 420 minutos, coincidindo, respectivamente, com os arraçoamentos da manhã e da tarde e, portanto, com as refeições principais (Figura 1). No entanto, enquanto todos os animais se encontravam ingerindo alimentos às 9h (primeiro pico, probabilidade de permanecer ingerindo = 1,0), essa unanimidade não ocorreu no segundo pico, com exceção dos meses fevereiro e março/abril, quando os animais apresentaram um segundo pico com valor de probabilidade próximo de 1,0. Durante os meses de dezembro e janeiro, a probabilidade de permanecer ingerindo aos

Tabela 2 - Média geral das probabilidades de transição de estado

Table 2 - Overall mean of transition state probabilities

Estado inicial <i>Initial state</i>	Estado final <i>Final state</i>		
	Ingestão <i>Eating</i>	Ruminação <i>Ruminating</i>	Descanso <i>Idling</i>
Ingestão <i>Eating</i>	0,1682	0,0056	0,0188
Ruminação <i>Ruminating</i>	0,0069	0,3464	0,0492
Descanso <i>Idling</i>	0,0140	0,0527	0,3377

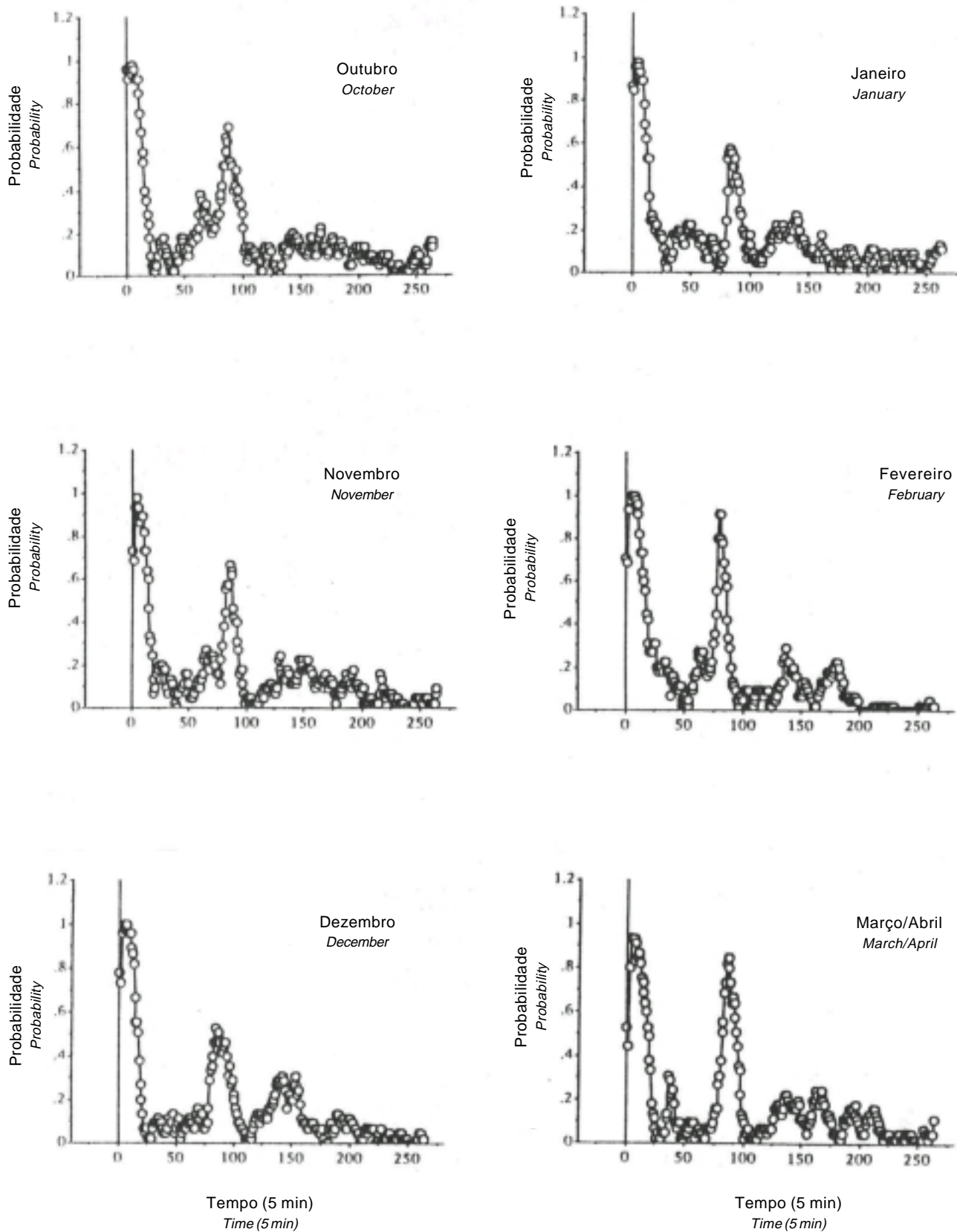


Figura 1 - Evolução nictemeral dos valores médios da probabilidade dos animais permanecerem no estado de ingestão, em cada período de medida do comportamento ingestivo.

Figure 1 - Nycterohemeral evolution of overall mean for probability of staying in the eating state, on each ingestive behavior measurement period.

Tabela 3 - Médias gerais das probabilidades de transição de estado por períodos experimentais
 Table 3 - Overall means of transition state probabilities pooled by experimental periods

Estados de transição <i>Transition states</i>	Períodos experimentais <i>Experimental periods</i>						P > F
	Outubro <i>October</i>	Novembro <i>November</i>	Dezembro <i>December</i>	Janeiro <i>January</i>	Fevereiro <i>February</i>	Março/abril <i>March/april</i>	
Ingestão-ingestão <i>Eating-eating</i>	0,184	0,159	0,162	0,160	0,171	0,174	0,296
Ingestão-ruminação <i>Eating-ruminating</i>	0,007 ^a	0,006 ^a	0,004 ^{ab}	0,008 ^a	0,005 ^a	0,003 ^b	0,019
Ingestão-descanso <i>Eating-idling</i>	0,019	0,020	0,018	0,020	0,017	0,019	0,292
Ruminação-ingestão <i>Ruminating-eating</i>	0,008	0,008	0,006	0,008	0,005	0,006	0,294
Ruminação-descanso <i>Ruminating-idling</i>	0,046	0,052	0,047	0,051	0,047	0,052	0,168
Ruminação-ruminação <i>Ruminating-ruminating</i>	0,357	0,351	0,329	0,345	0,359	0,338	0,354
Descanso-ingestão <i>Idling-eating</i>	0,015 ^{ab}	0,015 ^{ab}	0,012 ^b	0,016 ^a	0,012 ^b	0,013 ^b	0,040
Descanso-descanso <i>Idling-idling</i>	0,315	0,332	0,370	0,339	0,334	0,337	0,109
Descanso-ruminação <i>Idling-ruminating</i>	0,048 ^b	0,056 ^a	0,051 ^{ab}	0,054 ^{ab}	0,051 ^{ab}	0,057 ^a	0,018

Médias, na linha, seguidas por letras minúsculas diferentes são diferentes (P<0,05), segundo o teste Student-Neuman-Keuls (SNK).
 Means, within a row, followed by different small letters are different (P<0.05), according to Student-Neuman-Keuls test (SNK).

420 minutos foi de aproximadamente 0,6, inferior aos demais períodos de medida. Ainda, durante estes meses, a probabilidade dos animais estarem ingerindo entre os dois arraçoamentos variou entre 0 e 0,2, sendo menor que nos demais meses. Além disso, o aumento do valor da probabilidade de estar ingerindo aos 420 minutos foi abrupto, indicando que, nestes dois meses, os animais iniciaram a ingestão somente sob estímulo do arraçoamento.

Por outro lado, em todos os períodos, os animais mostraram atividade ingestiva durante a noite, verificado pelo aumento da probabilidade de estar ou permanecer ingerindo para valores entre 0,2 e 0,4. No entanto, à medida que o comprimento do dia diminuiu, houve adiantamento de, aproximadamente, 175 minutos no horário de ocorrência do primeiro pico noturno. Os animais mostraram outros picos de menor importância durante a noite em maior número e de maior amplitude durante os meses de fevereiro e março/abril que nos demais meses. Este fato está provavelmente relacionado ao efeito do fotoperíodo sobre o metabolismo dos animais, elevando a sua ingestão nos meses de maior fotoperíodo durante o experimento.

Quando se avaliou a probabilidade de estar no estado de ruminação ou realizar a seqüência ruminação-ruminação, constatou-se que, em média, os ani-

mais mostraram aumento abrupto a partir de, aproximadamente, 125 minutos depois do primeiro arraçoamento, de 0 a 0,55 (Figura 2). A seguir, a probabilidade dos animais permanecerem ruminando registrou um platô com valores entre 0,5 e 0,6, entre 150 e 350 minutos, e, posteriormente, queda abrupta próxima de 380 minutos após o início dos registros, coincidindo com o segundo pico de ingestão dos animais. A partir de 500 minutos, constatou-se aumento progressivo do valor destas probabilidades de zero até valores máximos entre 0,6 e 0,8, a partir do término da segunda refeição até o fornecimento de ração no dia seguinte, especialmente durante os meses de novembro, dezembro, janeiro e fevereiro.

Esta distribuição nictemeral provavelmente foi influenciada pelo fotoperíodo e seus efeitos sobre a ingestão voluntária dos animais e o tempo de retenção dos alimentos no trato gastrointestinal, como já foi discutido por FISCHER et al. (1997a) em relação à duração dos períodos de atividades e a sua distribuição nictemeral, além dos efeitos do horário de distribuição da ração sobre as atividades comportamentais.

A probabilidade dos animais permanecerem em repouso foi, em média, de zero durante o primeiro arraçoamento, aumentou rapidamente após 60 minutos e atingiu um valor médio entre 0,4 e 0,45 (Figura 3).

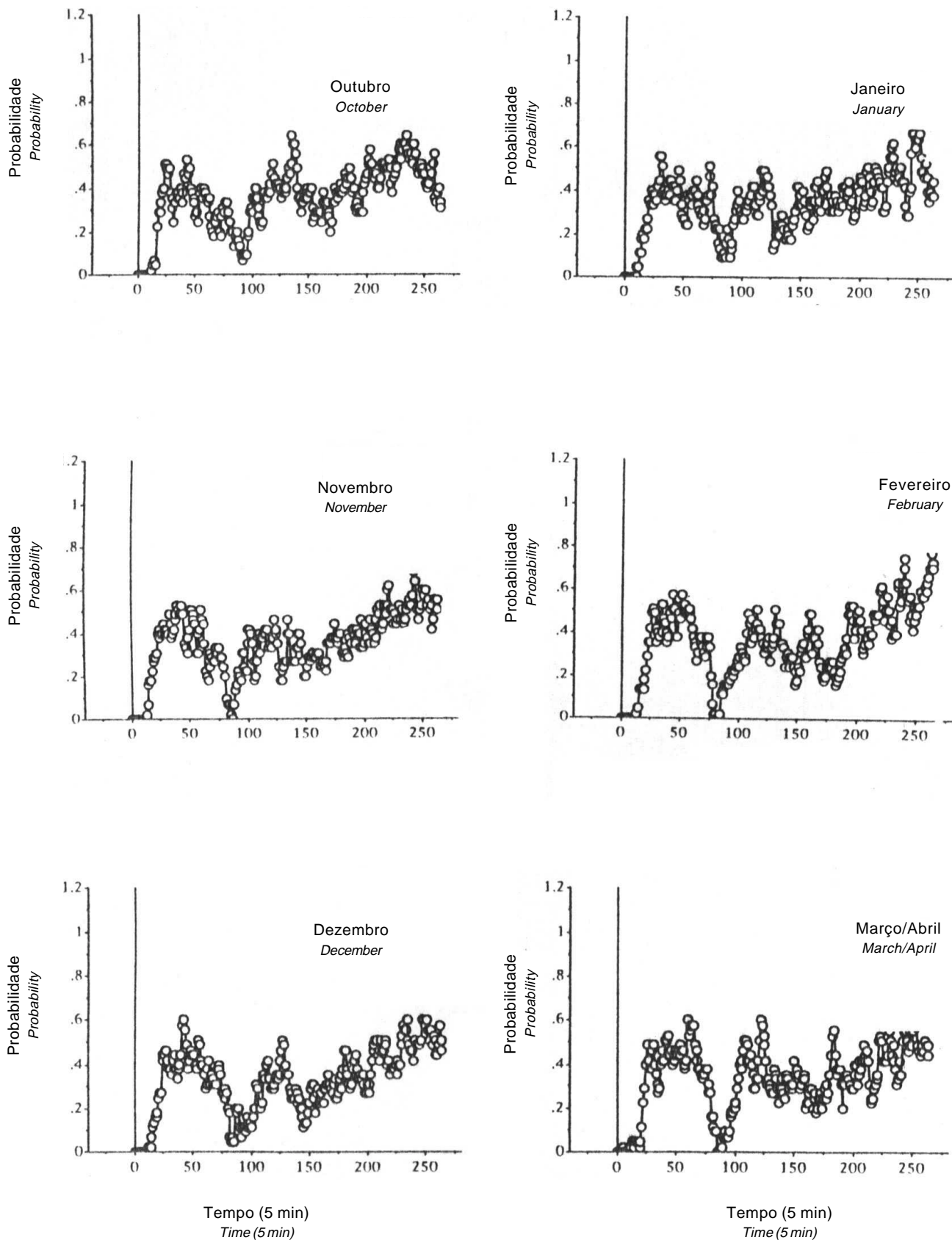


Figura 2 - Evolução nyctohemeral dos valores médios da probabilidade dos animais permanecerem no estado de ruminação, em cada período de medida do comportamento ingestivo.
 Figure 2 - Nyctohemeral evolution of overall mean for probability of staying in the ruminating state on each ingestive behavior measurement period.

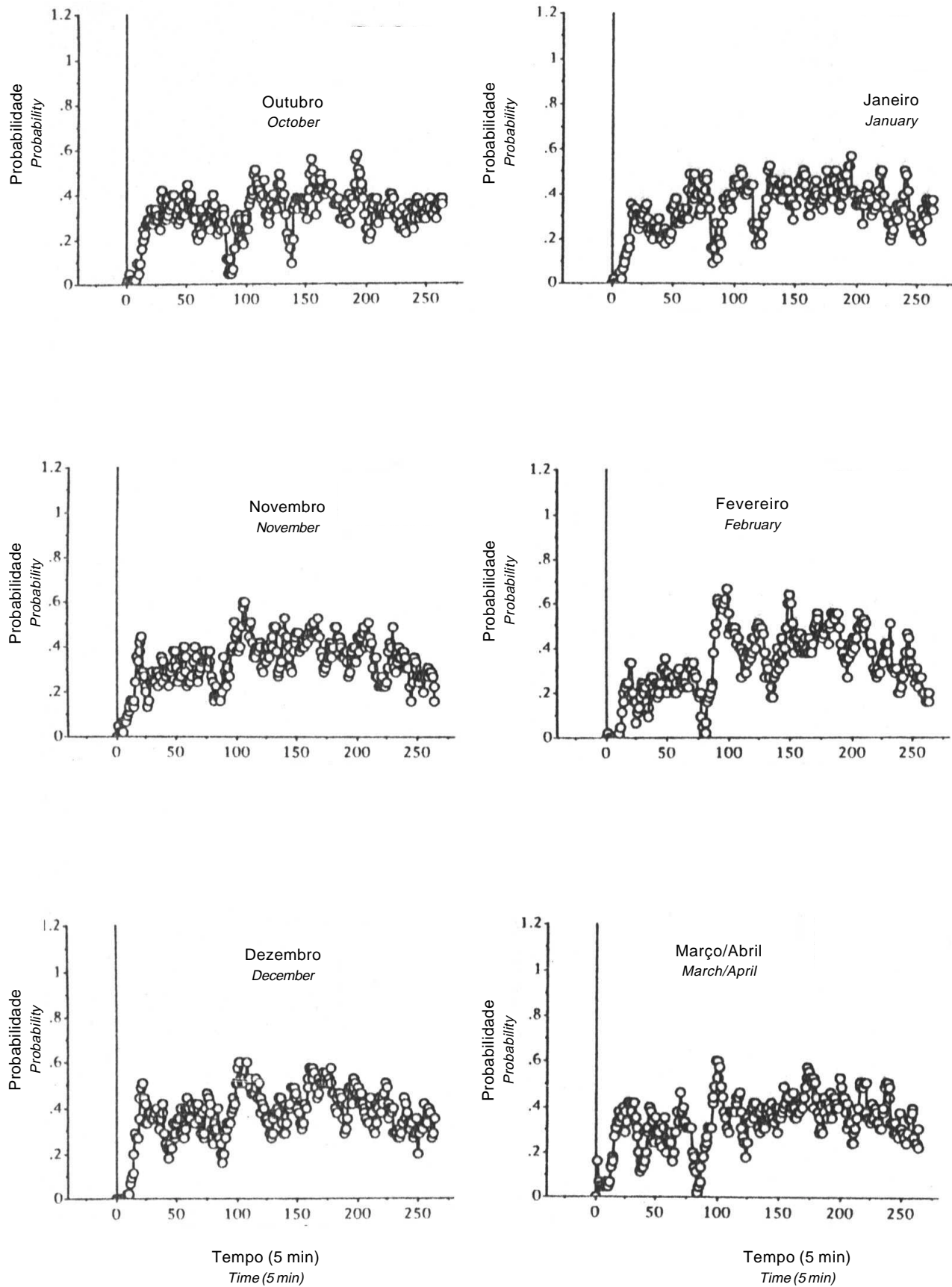


Figura 3 - Evolução nictemeral dos valores médios da probabilidade dos animais permanecerem no estado de repouso, em cada período de medida do comportamento ingestivo.

Figure 3 - Nycterohemeral evolution of overall mean for probability of staying in the idling state on each ingestive behavior measurement period.

Entre 125 e 400 minutos após o primeiro arraçoamento, a probabilidade de permanecer em repouso manteve-se em torno de 0,4, apresentando decréscimo abrupto em torno do horário do segundo arraçoamento. Posteriormente, os valores das probabilidades situaram-se entre 0,55 e 0,4. Os animais mostraram uma distribuição nictemeral mais uniforme destas probabilidades durante os meses de novembro, dezembro e janeiro em relação aos meses de fevereiro e março/abril, o que possivelmente está relacionado com o efeito do comprimento do dia mais curto, desestimulando a ingestão, como foi observado por FISCHER et al. (1997a).

Conclusões

A aplicação do cálculo de probabilidades ao estudo do comportamento ingestivo de ruminantes permite a descrição do comportamento animal, considerando as peculiaridades dos ruminantes. Comparando-se as escalas testadas de 5, 7 e 10 minutos, recomenda-se registrar continuamente o comportamento ingestivo dos animais, adotando uma escala de 5 minutos, para discretizar as séries temporais e permitir os cálculos das probabilidades, além de considerar os efeitos do período do ano no cálculo dos valores médios de probabilidades de transição de estado dependentes do tempo.

Referências Bibliográficas

- BAUMONT, R. *Etat de repletion du reticulo-rumen et ingestion de fourrages: incidences sur le contrôle à court term de la quantité de foin ingerée par le mouton*. France: INRA, 1989. 159p. PhD Thesis.
- BLAXTER, K.L., BOYNE, AW. 1982. Fasting and maintenance metabolism of sheep. *J. Agric. Sci.*, 99:611-620.
- CHASE, L.E., WANGHNESS, P.J., BAUMGARDT, B.R. 1976. Feeding behavior of steers fed a complete mixed ration. *J. Dairy Sci.*, 59:1923-1928.
- CRESSIE, N.A.C. 1993. *Statistics for spatial data*, edição revisada. New York: Wiley. p.113.
- DEBOEVER, J.I. *Roughage evaluation of maize and grass silage based on chewing activity measurements with cows*. Gand, Bélgica, Universidade de Gand, 1991. 250p. PhD Thesis.
- DESWYSEN, A.G., DUTILLEUL, P., ELLIS, W.C. 1989. Quantitative analysis of nycterohemeral eating and ruminating patterns in heifers with different voluntary intakes and effects of monensin. *J. Anim. Sci.*, 67:2751-2761.
- DESWYSEN, A.G., DUTILLEUL, P., GODFRIN, J.P. et al. 1993. Nycterohemeral eating and ruminating patterns in heifers fed grass or corn silages: analysis by finite Fourier transform. *J. Anim. Sci.*, 71:2739-2747.
- DULPHY, J.P. 1971. Influence du poids vif et du niveau d'ingestion sur le comportement alimentaire et mérycique du mouton. *Ann. Zootech.*, 20:477-486.
- DULPHY, J.P., FAVERDIN, P. 1987. L'ingestion alimentaire

- chez les ruminants: modalités et phénomènes associés. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 27(1B):129-155.
- DUTILLEUL, P. 1997. Incorporating scale in study design: data analysis. In: PETERSON, D.L., PARKER, V.T. (Eds.) *Ecological scale: theory and applications*. New York: Columbia University Press. p.1-77.
- DUTILLEUL, P., DESWYSEN, AG., FISCHER, V. et al. 2000. Time-dependent transition probabilities and the assessment of seasonal effects on within-day variations in chewing behavior of housed sheep. *Applied Animal Behavior*, 68:13-37.
- FAGEN, R.M., YOUNG, D.Y. 1978. Temporal patterns of behaviors: Durations, intervals, latencies, and sequences. In: COLGAN, P.W. *Quantitative ethology*. New York: Wiley, p.79-114.
- FISCHER, V., DESWYSEN, A.G., DÈSPRES, L. et al. 1997a. Comportamento ingestivo de ovinos recebendo dieta à base de feno durante um período de seis meses. *R. Bras. Zootec.*, 26(5):1032-1038.
- FISCHER, V., DESWYSEN, A.G., AMOUCHE, E. et al. 1997b. Efeitos da pressão de pastejo sobre o comportamento ingestivo e o consumo voluntário de ovinos em pastagem. *R. Bras. Zootec.*, 26(5):1025-1031.
- FISCHER, V., DUTILLEUL, P., DESWYSEN, A.G. et al. 2000. A aplicação de probabilidades de transição de estado dependentes do tempo na análise quantitativa do comportamento ingestivo de ovinos. Parte II. *Rev. bras. zootec.*, 29(6):1823-1833.
- FORBES, J.M., BROWN, W.B., AL BANNA, A.G.M. et al. 1981. The effect of daylength on the growth of lambs. 3. Level of feeding, age of lamb and speed of gut fill response. *Anim. Prod.*, 32:23-28.
- GOERING, H.K., VAN SOEST, P.J. 1970. *Forage fiber analysis (apparatus, reagents, procedures and some applications)*. Washington, D.C., Agric. Handbook 379, ARS, USDA.
- GORDON, J.G., McALLISTER, I.K. 1970. The circadian rhythm of rumination. *J. Agric. Sci.*, 74:291-297.
- MICHALET-DOREAU, B., GATEL, F. 1988. Evolution au cours d'une année des quantités de foin ingerés par des béliers castrés. *Ann. Zootech.*, 37:151-158.
- MILNE, J.A., MACRAE, J.C., SPENCE, A.M. et al. 1978. A comparison of the voluntary intake and digestion of a range of forages at different times of the year by the sheep and the red deer (*Cervus elaphus*). *Br. J. Nutr.*, 40:347-356.
- MURPHY, M.R., BALWIN, R.L., ULYATT, M.J. et al. 1983. A quantitative analysis of rumination patterns. *J. Anim. Sci.*, 56:1236-1240.
- PENNING, P.D., ROOK, A.J., ORR, R.J. et al. 1991. Patterns of ingestive behavior of sheep continuously stocked on monocultures of ryegrass or white clover. *Appl. Anim. Behavior Sci.*, 31:237-250.
- ROOK, A.J., PENNING, P.D. 1991. Stochastic models of grazing behavior in sheep. *Appl. Anim. Behavior Sci.*, 32:167-177.
- RUCKEBUSCH, Y. *Recherches sur la régulation centrale du comportement alimentaire chez les ruminants*. Lyon, França: Universidade de Lyon. 1963. 213p. PhD Thesis.
- S.A.S. 1988a SAS Procedures Guide, release 6.03 Edition. SAS Inst., Cary, NC.
- S.A.S. 1988b . SAS/ETS User's guide, version 6 (1.ed.). SAS Inst., INC, Cary, NC
- S.A.S. 1989. SAS/STAT User's Guide, version 6 (4.ed.). SAS Inst., Cary, NC
- SNEDECOR, G.W., COCHRAN, W.G. 1967. *Statistical methods*. 6.ed. Ames: Iowa State University Press. p.199.

Recebido em: 30/04/99

Aceito em: 19/10/00