

**RAE – CEA – 05P16**

**RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA SOBRE O  
PROJETO “INFLUÊNCIA DA VITAMINA A E DA  
SAZONALIDADE NO SÊMEN SUÍNO”**

**Gilberto Alvarenga Paula**

**Fernando Henrique Ferraz Pereira da Rosa**

**Vagner Aparecido Pedro Junior**

**- São Paulo, dezembro de 2005 -**

**CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA – CEA**  
**RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA – CÓDIGO 05P16**

**TÍTULO:** Relatório de análise estatística sobre o projeto “Influência da vitamina A e da sazonalidade no sêmen suíno.”

**PESQUISADORES:** Simone Maria Massami Kitamura Martins e Aníbal de Sant’Anna Moretti.

**INSTITUIÇÃO:** Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da Universidade de São Paulo.

**FINALIDADE:** Mestrado.

**RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE:** Gilberto Alvarenga Paula, Fernando Henrique Ferraz Pereira da Rosa e Vagner Aparecido Pedro Junior.

**REFERÊNCIA DESTE TRABALHO:** PAULA, G.A., ROSA, F.H.F.P. e JUNIOR, V.A.P. **Relatório de Análise Estatística sobre o projeto “Influência da vitamina A e da sazonalidade no sêmen suíno.”** São Paulo, IME-USP, 2005 (RAE – CEA – 05P16).

## FICHA TÉCNICA

### REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

CLEVELAND, W. S. (1993). **Visualizing Data**. Murray Hill: At & T Bell Laboratories. 360p.

CHEW, B.P., WONG, T.S., MICHAL, J.J., STANDAERT, F.E. and HEIRMAN, L.R. (1993). Kinetic characteristics of beta-carotene uptake after injection of beta-carotene in pigs. **Journal of Animal Science**, **69**: 4883-4886.

DAWSON, K. S., GENNINGS, C. and CARTER, W. H. (1997). Two graphical techniques useful in detecting correlation structure in repeated measures data. **The American Statistician**, **51** (3), 275-283.

GREEN, P. J. and SILVERMAN, B. W. (1994). **Nonparametric Regression and Generalized Linear Models: A Roughness Penalty Approach**. New York: Chapman and Hall. 184p.

GUIDORIZZI, H. L. (2002). **Um curso de cálculo, volume 2**. 5.ed. Rio de Janeiro. LTC. 476p.

MORETTIN, P. A. and TOLOI, M. C. (2004). **Análise de Séries Temporais**. São Paulo: ABE. 537p.

NOBRE, J. S. (2004). **Métodos de diagnóstico para modelos lineares mistos**. São Paulo. 85p. Dissertação (Mestrado). Instituto de Matemática e Estatística – USP.

PEREIRA, C. A. B. and STERN, J.M. (1999). Evidence and Credibility: Full Bayesian Significance Test for Precise Hypotheses. **Entropy Journal**, **1**, 104-115.

PINHEIRO, J. C. and BATES, D. M. (2000). **Mixed Effects Models in S and S-Plus**. New York: Springer. 528p.

R DEVELOPMENT CORE TEAM (2005). **R: A Language and Environment for Statistical Computing**. Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, Disponível em: <http://www.R-project.org>.

ROSS, M. S. (2002) **Introduction to Probability Models**. 8.ed. New York: Academic Press. 775p.

ROSS, M. S. (1997). **Simulation**. 2.ed. San Diego. Academic Press. 282p.

TUKEY, J.W. (1970) **Exploratory Data Analysis**. 1.ed. New York: Addison Wesley. 666p.

VERBEKE, V and MOLENBERGHS (2000). **Linear Mixed Models for Longitudinal Data**. New York Springer. 568p.

## **PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS**

Microsoft Word 2000

R versões 2.1.1 e 2.2.0.

Subversion 1.2.3

## **TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS**

[Entre parênteses encontra-se a classificação “Statistical Theory & Method Abstracts (ISI)”]

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise Descritiva Multidimensional (03:020)

Análise de Variância com Modelos Mistos (08:030)

Planejamento de Experimentos (10:000)

Processos Estocásticos (11:000)

Séries Temporais (11:010)

## **ÁREAS DE APLICAÇÃO**

Bioestatística (14:030)

Outros (14:990)

## ÍNDICE

<b>RESUMO .....</b>	<b>7</b>
<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>8</b>
<b>2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO E DAS VARIÁVEIS.....</b>	<b>8</b>
<b>3. ANÁLISE DESCRITIVA .....</b>	<b>10</b>
3.1. PERFIS DE SÉRIES.....	10
3.2. ESTUDO DO EFEITO DA TEMPERATURA .....	13
3.3. VIGOR : CADEIAS DE MARKOV.....	16
3.4. INVESTIGAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CORRELAÇÃO .....	17
<b>4. DISCUSSÃO DA ANÁLISE DESCRITIVA.....</b>	<b>18</b>
<b>5. ANÁLISE INFERENCIAL.....</b>	<b>19</b>
5.1. VARIÁVEIS CONTÍNUAS .....	19
5.2. VIGOR.....	23
<b>6. CONCLUSÕES .....</b>	<b>24</b>
<b>APÊNDICE A: GRÁFICOS – SÉRIES DE PERFIS.....</b>	<b>26</b>
<b>APÊNDICE B: GRÁFICOS – ESTUDO DO EFEITO DA TEMPERATURA.....</b>	<b>37</b>
<b>APÊNDICE C: GRÁFICOS – VIGOR: CADEIAS DE MARKOV .....</b>	<b>47</b>
<b>APÊNDICE D: GRÁFICOS - INVESTIGAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE CORRELAÇÃO .....</b>	<b>51</b>
<b>APÊNDICE E: TABELAS - MODELOS MISTOS.....</b>	<b>58</b>
<b>APÊNDICE F: GRÁFICOS DE RESÍDUOS PARA OS MODELOS MISTOS .....</b>	<b>61</b>

## RESUMO

Com o crescimento da utilização de técnicas de inseminação artificial em suínos, tem aumentado o interesse dos pesquisadores e produtores comerciais na identificação e controle de fatores que influenciam a qualidade do sêmen nos cachaços.

O objetivo do presente estudo é avaliar como a sazonalidade e a suplementação de vitamina A na ração dos suínos afeta a qualidade do sêmen, mensurada através de análises convencionais na área (motilidade, concentração, vigor, entre outras). O estudo envolveu 10 cachaços, divididos em dois grupos (controle e vitamina), estudados ao longo de um período de 53 semanas, de junho de 2004 a junho de 2005.

A análise estatística dos dados, realizada através de técnicas de processos estocásticos, modelos lineares mistos e inferência Bayesiana, identificou efeitos da temperatura e sazonalidade para 6 das variáveis em estudo. O efeito da suplementação de vitamina A pôde ser observado descritivamente para algumas das variáveis, como o vigor e a motilidade, mas não foi possível detectar essas diferenças inferencialmente.

## **1. Introdução**

A medida que a inseminação artificial em suínos vem sendo mais utilizada pelos criadores, as necessidades nutricionais dos machos reprodutores vêm despertando maior atenção dos pesquisadores. Chew (1993), referindo-se à ação das vitaminas, vem nos pontuar que especificamente a vitamina A atua na proteção do epitélio germinativo de machos, agindo também na estabilização da integridade das membranas celulares, e, por isso, os efeitos da vitamina A merecem ser melhor investigados. A alimentação assume papel relevante nos fenômenos reprodutivos, dada sua ação dirigida para a produção espermática e conseqüentemente na espermatogênese. A interação nutrição e reprodução nos machos reprodutores, desperta interesse científico, pois quando adequadamente aplicada, traz efeitos benéficos, na idade à puberdade, na libido, no vigor sexual, no desenvolvimento e manutenção das glândulas endócrinas, tendo como objetivo final a célula espermática. Na realidade, a alimentação tem sido um campo vasto de averiguação, mas ainda é pouco explorada na extensão de seus efeitos na célula espermática.

## **2. Descrição do estudo e das variáveis**

O experimento foi conduzido no Laboratório de Pesquisa em Suínos, da Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia da USP, e envolveu 10 porcos machos, adultos, de mesma raça, linhagem e idade. Com a intenção de estudar o efeito da vitamina A na qualidade do seu sêmen, eles foram divididos em dois grupos de 5 animais. O primeiro grupo, denominado, grupo controle, recebeu uma ração sem suplementação de vitamina A. O segundo grupo, denominado de grupo vitamina A, recebeu uma ração básica com suplementação de 16.000 UI de vitamina A. Esses 10 machos adultos foram submetidos a um treinamento desde cedo (170 dias), onde eles aprendiam a montar em um manequim para facilitar a coleta do sêmen. Eles eram alojados em baias de crescimento e terminação adaptadas para tal fim, cuja área por

animal era de 9,76 metros quadrados. As baias eram providas de bebedouros tipo chupeta, comedouros individuais e lamina d'água.

Após o treinamento, foram realizadas coletas uma vez por semana durante 53 semanas consecutivas, realizadas desde jun/2004 até jun/2005. Com isso pôde-se observar o comportamento nas 4 diferentes estações do ano. Essas estações foram separadas de acordo com os dias oficiais no Brasil, cujas datas de início são apresentadas na figura abaixo:

Inverno	20-06-2004
Primavera	22-09-2004
Verão	21-12-2004
Outono	20-03-2005

Assim foram avaliadas 530 amostras correspondentes aos 10 cachaços (53 por animal). As variáveis medidas foram:

- volume (ml): volume do ejaculado;
- peso da fração gelatinosa (g): peso da parte gelatinosa do ejaculado.
- concentração pela câmara de Neubauer (milhões de espermatozoides/ml): é uma técnica para contar quantas células há por ejaculado;
- concentração total (bilhões de espermatozoides/ml): é o produto do volume com a concentração pela câmara de Neubauer;
- motilidade (%): é a quantidade de espermatozoides que "caminham" para frente e de maneira progressiva;
- Eosina-Nigrosina (%): é o percentual de células vivas, medido através desses dois corantes;
- pH (sem unidade): nível de pH do sêmen;
- vigor (discreta, assumindo valores 1,2,3 ou 4): é uma escala que identifica o vigor do espermatozoide; quanto maior, melhor a qualidade do sêmen.

### 3. Análise descritiva

Apresentaremos a seguir a análise descritiva para as variáveis citadas acima. Inicialmente serão apresentados gráficos de séries para ilustrar o comportamento das variáveis ao longo das 53 semanas de coleta, verificando as tendências e comparando os dois grupos (controle e vitamina). A seguir temos a análise do efeito da temperatura nas variáveis resposta, a modelagem por cadeias de Markov do vigor e a investigação das estruturas de correlação.

#### 3.1. Perfis de séries

Para essa análise, utilizamos gráficos de séries de três tipos diferentes. Em todos eles existem linhas verticais que separam as séries nas 4 estações do ano. Para representar os animais do grupo controle, foram utilizadas linhas contínuas e escuras, enquanto que para representar os animais do grupo vitamina A, foram utilizadas linhas tracejadas e claras. As diferenças que destacam os três tipos de gráficos são:

- **Gráficos de séries de perfis individuais.**

Nestes gráficos temos a série dos valores da variável de interesse para cada porco individualmente, totalizando 10 séries por gráfico.

- **Gráficos de séries de perfis médios.**

Nestes gráficos temos a série média da variável de interesse para cada grupo (controle e vitamina), onde cada ponto representa a média do grupo para uma determinada semana de coleta, totalizando 2 séries por gráfico.

- **Gráficos de séries de desvios padrão.**

Nestes gráficos temos a série dos desvios padrão da variável de interesse para cada grupo (controle e vitamina), onde cada ponto representa o desvio padrão do grupo para uma determinada semana de coleta, totalizando 2 séries por gráfico.

## **Volume**

Para o volume, não se observa diferenças nas séries de perfis individuais nem de médias (Figuras A.1 e A.2) entre os grupos, apenas apresentando um leve crescimento com o tempo, que provavelmente pode ser explicado pelo aumento na idade dos porcos. Pela Figura A.3, notamos que a variabilidade do grupo vitamina A aparenta ser maior que a do grupo controle.

## **Peso da fração gelatinosa**

Observamos através da Figura A.4 que aparentemente não há diferença entre os grupos nas 4 estações, mas se observarmos a Figura A.5, o peso médio da fração gelatinosa para o grupo controle é maior em todas as estações. Na Figura A.6, que mostra os perfis de desvios padrão de cada grupo, vemos que o padrão de variação é parecido para os dois grupos. Os pesos apresentam também um pequeno aumento com o tempo.

## **Concentração de Neubauer e total**

Através das Figuras A.7 e A.8, observamos que a concentração de Neubauer não parece ser diferente para os 2 grupos ao longo das 4 estações. Isso também pode ser observado para a concentração total (Figura A.10 e A.11), aonde apenas notamos uma maior variabilidade no outono para o grupo controle (Figura A.12).

## **Motilidade**

Observamos através do gráfico de perfis individuais (Figura A.13) que um dos porcos possui um percentual de motilidade muito menor que os demais. Para observar a sua influência no estudo dessa variável, utilizamos um gráfico de perfis de desvios padrão que apresenta os desvios padrão de cada grupo. Através da Figura A.15, notamos que o desvio padrão para o grupo controle é muito maior que para o grupo com vitamina. Após a retirada desse porco discrepante, identificado pelo número 351,

observamos através da Figura A.18 que a diferença entre os desvios dos grupos desaparecem, de forma que era esse que estava acarretando a diferença observada. Para as variáveis apresentadas anteriormente, não houve influência em excesso deste animal.

Para o cálculo dos perfis médios dessa variável fizemos uma ponderação, ao invés de calcular uma média simples. Isso foi feito porque o denominador utilizado para obter essa variável para cada animal não é fixo, sendo diretamente proporcional à concentração total de espermatozoides. Assim, temos na Figura A.16 esses perfis médios ponderados pela concentração total, para comparação do tratamento e do controle. Nos perfis dessa Figura não foram consideradas as observações do animal 351. Nota-se que agora não há diferenças aparentes na média da motilidade entre grupo controle e grupo vitamina A, sendo perceptível uma queda na motilidade com o passar das semanas.

### **Eosina-Nigrosina (EN)**

Para avaliar esta variável, também retiramos o porco 351, pois o mesmo estava influenciando excessivamente os resultados. Isso foi notado a partir dos gráficos de perfis individuais (Figura A.19), onde observamos que novamente esse porco apresentou valores discrepantes para essa variável. Após a retirada notamos que o percentual de EN não parece apresentar diferenças entre os dois grupos (Figuras A.22 e A.23).

### **pH**

Para a medida de pH, observa-se através das Figuras A.25 e A.26, que aparentemente não há diferenças na média entre os dois grupos. Pela Figura A.27, nota-se que o desvio padrão de cada grupo para a estação verão é maior que para as demais estações. Para estudar melhor o comportamento dessa variabilidade no verão, utilizou-se um gráfico de pontos (Cleveland, 1993) que representa o desvio padrão de cada porco dentro de cada estação, ilustrado na Figura A.28. Nesse gráfico, notamos

que o desvio padrão de cada porco é maior na estação verão. Com essas observações, notamos que tanto a variabilidade entre os porcos dentro de cada grupo por semana é maior no verão, como esse padrão também se repete quando consideramos a variabilidade de cada porco dentro de cada estação.

### **3.2. Estudo do efeito da temperatura**

Conforme descrito anteriormente, era de interesse dos pesquisadores avaliar o efeito da temperatura nas variáveis em estudo. Esse interesse vem do fato que condições climáticas adversas podem afetar a fertilidade dos cachacos e das porcas, como demonstrado em experimentos que averiguaram os efeitos da temperatura elevada acima de certos níveis críticos.

Os efeitos na maioria dos mamíferos são evidenciados na degeneração testicular com prejuízo na espermatogênese, afetando diretamente a qualidade do sêmen.

A temperatura foi medida no galpão onde os cachacos eram mantidos. Para cada dia, foi medida a temperatura mínima e a temperatura máxima, durante o período das 07h00 às 17h00, e das 17h00 às 07h00. Portanto, para um dado dia, haviam 4 observações, representando o mínimo e o máximo da temperatura naquele dia, durante o período da manhã até a tarde, e durante o período da tarde até de manhã de novo, passando pela noite e madrugada. Como o período diurno é o que apresenta maiores temperaturas, e para os pesquisadores o efeito de temperaturas maiores tem potencialmente maior importância, consideraremos as temperaturas medidas durante o período das 7h00 às 17h00.

Na Figura B.1 temos o gráfico das séries de temperaturas, mínima e máxima, durante todo o período do experimento, para o período diurno. Nota-se alguns dias com variações grandes entre as temperaturas máxima e mínima. O questionamento que foi levantado, baseado nesses dados, foi com relação a qual era a temperatura de interesse dos pesquisadores. Segundo eles, nem a temperatura máxima, nem a temperatura mínima, eram de maior interesse. A temperatura que poderia ter efeito nas

variáveis resposta foi a temperatura ao qual o cachaço foi submetido *ao longo* do dia, não importando se em algum momento por alguns minutos a temperatura foi muito alta ou muito baixa.

A partir daí, concluímos que não era possível considerar o efeito da temperatura nas variáveis resposta sem antes ter um meio de relacionar a temperatura máxima e mínima (observadas), com a temperatura a qual os cachaços foram submetidos ao longo do dia. Pedimos então para que os pesquisadores fizessem um experimento piloto, medindo para alguns dias, a temperatura máxima e mínima ao longo do dia, assim como a temperatura a cada hora. Temos então os gráficos B.2 e B.3, que representam os dados desse experimento piloto, realizado nos dias 7 e 8 de setembro de 2005.

Notamos que em cada um desses dois gráficos temos duas retas horizontais indicando a temperatura máxima e mínima durante todo o período. *Essa* é a informação que foi medida para todos os dias do experimento. O que queremos então é, a partir desse experimento piloto, estabelecer uma relação entre esses limites inferior e superior e a curva da temperatura atual, potencialmente obtendo um número que *resuma* a temperatura predominante ao longo do dia.

Observando as Figuras B.2 e B.3, notamos que a temperatura atual se aproxima sempre mais da máxima do que da mínima. Além disso, temos que os pesquisadores consideram mais importante o efeito de temperaturas maiores. Baseados nessas duas observações definimos a primeira estatística resumo:

$$T'_{res} = \frac{2T_{max} + T_{min}}{3}$$

Ou seja, calculamos uma média ponderada, dando um peso maior para a temperatura máxima, já que temperaturas altas são mais importantes de acordo com os pesquisadores.

Entretanto, essa medida ignora o fato de que a diferença entre a temperatura mínima e máxima nem sempre é grande. Em particular olhando a Figura B.1, vemos que para vários dias a máxima e a mínima estavam mais próximas, enquanto para

outros estavam mais distantes. Optamos então por uma generalização da medida resumo anterior, que leva em conta a magnitude da diferença entre a temperatura máxima e mínima no dia:

$$T_{res} = p_m T_{max} + (1 - p_m) T_{min}$$

em que  $p = \frac{\min\{T_{max} - T_{min}, 15\}}{15}$  e  $p_m = 1/2 + (1/6)p$ .

Em particular, essa medida representa uma média ponderada entre as temperaturas máxima e mínima, com pesos diferentes de acordo com a diferença absoluta entre esses dois valores. Quando a diferença é muito pequena, ela se resume à média aritmética simples entre as duas observações. Quando a diferença é grande (maior ou igual a 15), ela dá peso 2 à máxima e peso 1 à mínima. Na Figura B.4 temos o gráfico dessa temperatura resumo, junto com as temperaturas máxima e mínima observadas.

O próximo passo então foi avaliar o efeito dessa temperatura resumo nas variáveis resposta em estudo. Com esse objetivo, confeccionamos os gráficos representados nas Figuras B.5 até B.18. Temos em cada um desses gráficos, para cada variável resposta, um diagrama de dispersão da temperatura no galpão (medida resumo), de 0 e 7 dias antes da colheita contra a média dentro de cada tratamento (controle e vitamina A), para cada semana do estudo. Realizamos então o ajuste não paramétrico de uma curva de tendência a cada um dos tratamentos, através da técnica de *smoothing splines* (ver Green and Silverman, 1994), implementada no programa estatístico R (R Development Core Team, 2005). Essa curva capta a tendência dos dados sem impor restrições fortes à forma da função ajustada.

Para as variáveis Eosina-Nigrosina e motilidade, como foi identificado na análise de perfis de séries que o animal 351 estava influenciando muito os perfis médios, não o consideramos no cálculo da média para confeccionar esses gráficos.

Observando esses gráficos, podemos ter uma noção da magnitude do efeito da temperatura em cada variável resposta, e como esse efeito se comporta de acordo com cada tratamento. Caso obtenhamos uma linha ao redor ou paralela ao eixo x,

concluimos que a temperatura não tem efeito na dada variável. Caso seja observado algum padrão de crescimento ou decrescimento, concluimos que a temperatura tem algum efeito na dada variável. Em particular podemos observar nos gráficos B.13 e B.14 que a temperatura tem um efeito negativo na motilidade espermática: quanto maior a temperatura menor a motilidade, para ambos os tratamentos. Outra variável que chama atenção é a Eosina-Nigrosina. Tanto para a temperatura do dia quanto de uma semana atrás da coleta, observamos uma tendência de crescimento: quanto maior a temperatura do dia ou da semana anterior, maior a média da Eosina-Nigrosina (Figuras B.15 e B.16).

Para as outras variáveis não observamos um padrão claro de associação com a temperatura. Isso indica que na etapa inferencial, durante o ajuste dos modelos devemos considerar incluir o efeito da temperatura apenas para as variáveis motilidade e Eosina-Nigrosina.

### **3.3. Vigor : Cadeias de Markov**

Para a análise da variável vigor, primeiramente fizemos uma análise semelhante à análise da seção 3.1. Ao não obtermos nenhuma conclusão satisfatória (Gráfico C.1), observamos que havia um padrão de transição entre os valores de vigor 3 e 4, para cada animal. A partir dessa observação considerou-se a possibilidade de utilizar cadeias de Markov (ver Ross, 2002) para estudar o comportamento do vigor de acordo com os tratamentos.

Nessa análise, consideramos o espaço de estados apenas contendo os níveis de vigor 3 e 4, pois como se pode observar no gráfico representado na Figura C.1, somente o animal 351 teve observações 1 e 2.

A idéia por trás da modelagem por cadeias de Markov é que a probabilidade de um porco de um determinado grupo passar de um valor de vigor em uma determinada semana para outro valor de vigor (ou permanecer no mesmo valor de vigor) uma semana depois, depende somente do vigor de um número fixo de semanas anteriores.

Em particular, consideramos que essa dependência se estende somente até uma semana atrás; ou seja, o vigor de um dado porco na semana que vem, depende somente do vigor que ele teve nessa semana.

A partir dessa suposição, estimamos uma matriz de transição de probabilidades, que representa as probabilidades de um dado porco que está com um dado vigor (3 ou 4) na semana atual, passar para outro nível de vigor (3,4) na próxima semana. Na Figura C.2 temos essas estimativas, para o grupo controle e para o grupo tratamento.

Interpretando os valores estimados, temos que se um porco foi submetido ao tratamento controle, e estava com vigor 3 nessa semana, a probabilidade dele passar para o vigor 4 na semana seguinte é de 33%. Um outro porco que foi submetido ao tratamento vitamina A, e nessa semana tem vigor 3, tem uma probabilidade de passar para o vigor 4 na semana seguinte de 42%. Isso indica que, pelo menos para o conjunto de 10 animais estudados, a utilização do suplemento de vitamina A na ração aumenta a capacidade de recuperação do vigor dos porcos de uma semana para a outra.

Observando agora a última casela superior (4,4), temos que um porco que recebeu o suplemento com vitamina A e estava com vigor 4 nessa semana, tem probabilidade estimada de 92% de permanecer com esse valor na semana seguinte. Para um porco no grupo controle, essa probabilidade é de 90%. Nota-se que para esses 10 animais estudados, se o animal já está com vigor alto, o tratamento não parece ter tanto efeito.

### **3.4. Investigação das estruturas de correlação**

Como as variáveis foram medidas ao longo do tempo para cada animal, é esperado que exista uma certa estrutura de correlação entre as observações de uma dada variável ao longo do tempo. A determinação dessa estrutura de correlação pode ajudar a entender melhor a estrutura dos dados, e posteriormente nortear a etapa inferencial, na escolha do modelo mais adequado (ver Dawson et al, 1997).

De forma a investigar as estruturas de correlação, foram utilizadas técnicas da área de séries temporais, em particular os gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial (ver Morettin and Tolói 2004), e a modelagem através de modelos autoregressivos.

No Apêndice D (Figuras D.1 a D.12) temos os principais resultados dessa análise, para um subconjunto dos animais, divididos por tratamento. Para cada par de animais e variável, tem-se os gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial, e a seguir os gráficos de bondade de ajuste de um modelo autoregressivo ajustado a esses dados.

Observando esses gráficos nota-se que há indícios de que a estrutura de correlação é autoregressiva para as variáveis resposta concentração total, peso da fração gelatinosa, volume do ejaculado, pH e motilidade (Figuras D.1-D.6, D.8 e D.11-D.12). Para a Eosina-Nigrosina (Figura D.10), observa-se que a estrutura autoregressiva não se ajustou bem.

Isso indica que uma estrutura de correlação autoregressiva pode ser utilizada para modelar a estrutura de correlação dos dados para 6 das variáveis contínuas. Para a Eosina-Nigrosina, uma outra estrutura de correlação ou transformação da variável deverá ser considerada.

#### **4. Discussão da análise descritiva**

A primeira observação da análise descritiva foi a detecção de um padrão de discrepância nas observações do animal 351 para as variáveis motilidade espermática e Eosina-Nigrosina. As análises posteriores para essas duas variáveis resposta terão que levar em conta esse padrão de discrepância, seja removendo as observações desse animal para essas respostas, usando uma ponderação pela variância ou ainda utilizando técnicas robustas a pontos discrepantes.

Para as outras variáveis não se observou esse padrão de discrepância. Para o pH, não se notou diferença no comportamento das séries entre os dois tratamentos,

mas na estação do verão, notou-se que a variabilidade entre os porcos e para cada porco dentro da estação foi muito maior que nos outros períodos.

A seguir observamos que aparentemente há influência da temperatura de 0 e 7 dias anteriores em algumas das variáveis resposta, como na motilidade espermática e na Eosina-Nigrosina. Isso deverá ser levado em conta nas análises que se seguem, pois indica que na construção de um modelo deve ser importante a inclusão da variável temperatura para essas duas variáveis resposta.

A abordagem por cadeias de Markov da variável resposta vigor permitiu a detecção de diferenças entre os grupos controle e vitamina A, que não haviam sido observadas pela análise inicial com o uso de perfis de séries. Em particular, observou-se que houve uma melhor recuperação do vigor para os 5 animais submetidos ao tratamento com vitamina A comparados aos 5 animais submetidos ao controle.

Por fim, a investigação das estruturas de correlação revelou que uma estrutura de correlação autoregressiva pode ser apropriada para explicar a associação entre observações de um mesmo animal para cada resposta.

## **5. Análise inferencial**

### **5.1. Variáveis contínuas**

Para as variáveis resposta volume, peso da fração gelatinosa, concentrações de Neubauer e total, motilidade, Eosina-Nigrosina e pH, devido à estrutura dos dados, fizemos o ajuste de modelos lineares mistos, seguindo a abordagem proposta em Verbeke and Molenberghs (2000) e a implementação descrita em Pinheiro and Bates (2000). Baseados na análise descritiva das estruturas de correlação dentro de cada animal, optamos pelo uso de um modelo com efeito aleatório de animal, com estrutura de correlação autoregressiva de ordem 1. O ajuste dos modelos foi feito no programa estatístico R, através do pacote nlme.

Em todos os modelos colocamos como variáveis explicativas a temperatura resumo no dia, a temperatura resumo de uma semana antes, o tratamento (controle ou

vitamina) e a estação do ano. A qualidade do ajuste foi avaliada através de gráficos de resíduos condicionais, conforme recomendado em Nobre (2004).

Abaixo segue a descrição dos resultados obtidos para cada variável resposta. No Apêndice E encontram-se as Tabelas dos efeitos estimados para cada modelo e no Apêndice F se encontram os gráficos de resíduos condicionais.

### **Volume**

Para o volume, observando a Figura F.1 vemos que o ajuste foi satisfatório, concluindo que a modelagem proposta conseguiu explicar boa parte das fontes de variação dos dados para essa resposta. Observando a Tabela E.1 vemos que foi detectado o efeito significativo de estação do ano, com um nível de significância de 5%. Com esse mesmo nível, o efeito da temperatura do mesmo dia é marginalmente significativo (8%). Os intervalos de confiança de 95% para os efeitos de estação indicam que em relação ao inverno, as estações outono e verão apresentam um volume maior de ejaculado, não podendo ser concluído que há diferença nas estações inverno e primavera. As estimativas intervalares indicam ainda que no outono esse valor é maior que todas as demais estações. Não se detectou efeito significativo de tratamento. O valor obtido para o coeficiente associado ao tratamento vitamina (-19,49), indica que nessa amostra o volume observado para porcos no tratamento com suplemento de vitamina foi ajustado como -19,49 unidades menor. Como a diferença não foi significativa, essa conclusão não pode ser imediatamente estendida para a população.

### **Peso da fração gelatinosa**

Para o peso da fração gelatinosa, também tivemos um bom ajuste do modelo proposto (Figura F.2). Na Tabela E.2 vemos que foi detectado o efeito significativo de estação, a 5%, e o efeito marginalmente significativo de tratamento (nível descritivo 10%). Através dos coeficientes estimados vemos que porcos submetidos ao tratamento com vitamina A têm média estimada do peso da fração gelatinosa menor em 13,01 g. O

efeito sazonal de estação indica que em relação ao inverno, os pesos médios da fração gelatinosa são maiores apenas no outono, não sendo possível detectar uma diferença significativa com as demais estações.

### **Concentração de Neubauer e total**

Para as concentrações de Neubauer e total, começamos ajustando o modelo linear misto, obtendo os gráficos de resíduos F.3 e F.5, respectivamente. Nota-se um padrão de associação entre a magnitude de variação dos resíduos e os valores ajustados. Isso nos levou a considerar uma transformação das variáveis resposta. Ajustamos então modelos para o logaritmo da concentração de Neubauer e total. Obtivemos para esses modelos os gráficos de resíduos das Figuras F.4 e F.6, onde vemos que a transformação logarítmica estabilizou as variâncias, tornando o ajuste adequado.

Nas Tabelas E.3 e E.4 temos as estimativas obtidas já para os modelos transformados. Para a concentração de Neubauer detectou-se efeito significativo na média do logaritmo somente de estação do ano, não sendo possível detectar efeito de temperatura ou tratamento. Pelas estimativas indicadas na Tabela E.3, vemos que, em relação ao inverno, nas três outras estações a variável resposta tem uma concentração de Neubauer maior.

Para a concentração total, foram obtidos resultados similares. Não se detectou efeito significativo da temperatura nem do tratamento, somente das estações do ano. Novamente a média do logaritmo da concentração foi maior na primavera, verão e outono em relação ao inverno. Entre si, as estações primavera, verão e outono não apresentaram diferenças significativas.

### **Motilidade**

O ajuste para a variável resposta motilidade também foi bem sucedido, como podemos observar na Figura F.7. Na Tabela E.5 temos as estimativas dos efeitos ajustados. Em concordância com a análise descritiva, detectou-se o efeito da

temperatura de 7 dias anteriores à coleta na motilidade (nível descritivo 0,002). Também detectou-se o efeito de estação do ano (nível descritivo  $< 0,001$ ). Como o coeficiente da temperatura de 7 dias foi estimado como negativo (-0,2) concluí-se que quanto maior a temperatura, menor a média da motilidade. Em particular, um acréscimo de 10 graus Celsius na temperatura de uma semana antes implica em uma redução de 2% da motilidade. Com relação as estações, vemos que há um decaimento da motilidade conforme se passa do inverno para a primavera, daí para o verão e daí para o outono, o que confirma novamente as tendências observadas descritivamente. Os efeitos de temperatura para o mesmo dia e tratamento não foram significativos a 5%, mas o coeficiente estimado para vitamina (0,44) indica que para essa amostra o tratamento com vitamina A tem um efeito positivo na motilidade. Entretanto o resultado não pode ser generalizado para a população.

### **Eosina-Nigrosina (EN)**

Para a Eosina-Nigrosina temos que o modelo inicialmente proposto não se ajustou bem aos dados, conforme o gráfico de resíduos condicionais indicado na Figura F.8. Esse padrão de envelope nos resíduos é típico de respostas variando entre 0 e 1. Como a Eosina-Nigrosina é uma porcentagem, consideramos a transformação logito nessa variável, reajustando então o modelo inicialmente proposto. Com esse modelo temos os gráficos de resíduos da Figura F.9, que indicam que o modelo para a variável resposta transformada foi bem ajustado.

Na Tabela E.6 temos as estimativas e níveis descritivos para esse caso. Detecta-se o efeito de estação, da temperatura do dia e de 7 dias anteriores. Os três efeitos foram altamente significativos, e estão de acordo com o que foi observado na análise descritiva. Em particular, nota-se que quanto maior a temperatura do dia e de 7 dias anteriores, maior a concentração de Eosina-Nigrosina. O efeito da temperatura do dia e de 7 dias anteriores foi bem parecido (aproximadamente 0,03), indicando que ambas a temperatura do dia e de 7 dias anteriores foram importantes na previsão da média da concentração de Eosina-Nigrosina, com magnitude de efeito equivalente. Quanto às estações, tanto outono quanto primavera apresentaram valores médios

maiores de Eosina-Nigrosina em relação a estação inverno. Para o tratamento não foi observada diferença significativa.

## **pH**

O ajuste para o pH foi razoável, como se observa na Figura F.10. Pela Tabela E.7 vemos que há efeito significativo tanto da temperatura do dia da coleta, como da temperatura de 7 dias anteriores a coleta, como da estação do ano, na média do pH. Observando a Tabela E.7, vemos que a temperatura de 7 dias anteriores tem um efeito negativo na média do pH, e que a temperatura do dia tem um efeito positivo. Quanto às estações do ano, temos que em relação ao inverno, a primavera apresenta média de resposta maior, enquanto no outono o pH médio é menor. Não foi detectado efeito de tratamento, confirmando as tendências observadas na análise descritiva (vide Figura A.26).

## **5.2. Vigor**

Para a variável resposta vigor, há o interesse dos pesquisadores em identificar se há uma maior probabilidade de melhora ou de manutenção do vigor para os porcos que foram tratados com suplemento de vitamina A. Para isso testamos se há diferença entre os grupos para as probabilidades de transição (3,4) e (4,4). Essas transições foram descritas na seção 3.3, e podem ser observadas na Figura C.2.

Para comparar as proporções de interesse entre as duas cadeias de Markov (tratamento versus controle), utilizamos a abordagem descrita em Pereira and Stern (1999). Nessa técnica, é feita a derivação de uma estatística de teste a partir das curvas de nível (Guidorizzi, 2002) da verossimilhança padronizada, com o uso de um procedimento de Monte Carlo (Ross, 1997) para obter a evidência (e-valor).

Para visualizar de forma gráfica os resultados obtidos, temos na Figura C.3 uma perspectiva referente à comparação das probabilidades de transição (3,4). Para interpretar essa perspectiva, podemos observar que ela não está totalmente

centralizada em relação a reta  $p = q$ , o que indica que há alguma diferença entre os grupos controle e vitamina para esta amostra, e por estar deslocada para a direita indica que o grupo vitamina aparenta ter maior probabilidade de transição do que o grupo controle, o que pôde ser visto na parte descritiva. Para verificar se essa diferença é significativa, utilizaremos o e-valor. Para essa probabilidade de transição, foi obtido um e-valor de 0,6214, o que mostra que mesmo aparentando haver uma diferença, essa diferença não é significativa, o que ocorre pelo tamanho amostral reduzido. Supondo uma replicação dessa amostra, mantendo todos os padrões obtidos nesse estudo, poderia ser obtido um tamanho amostral que poderia identificar significativamente uma diferença entre os grupos. Obtivemos, através de simulações, que se o tamanho amostral fosse 5 vezes maior, o e-valor seria de 0,0983, o que nos indicaria diferença significativa entre os grupos controle e vitamina. Observando a Figura C.4, notamos que há quase uma total descentralização em relação a reta  $p = q$ .

Para a probabilidade de transição (4,4), podemos observar pela Figura C.5 que aparentemente não há diferença, já que há uma quase total centralização da perspectiva. Para esse caso, foi obtido um e-valor igual a 0,8201, confirmando então não ser possível detectar uma diferença entre o grupo controle e o grupo vitamina, o que era esperado pela parte descritiva.

## 6. Conclusões

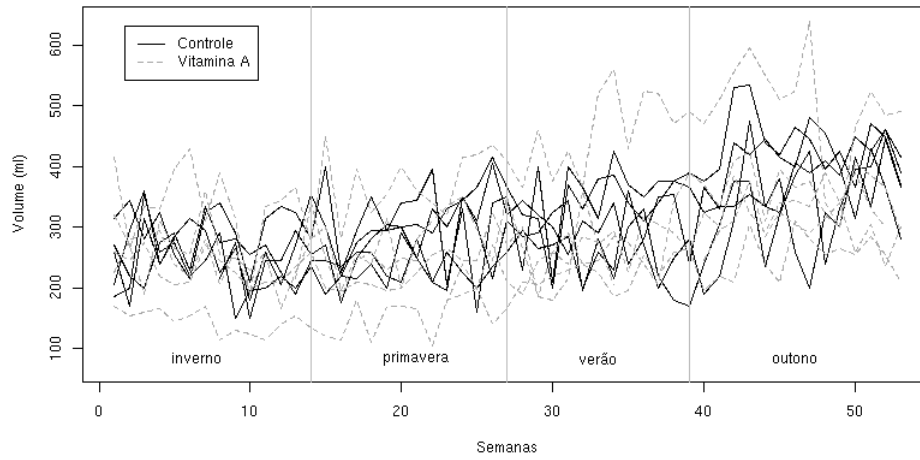
Para a variável vigor, foi possível observar que para esses 10 animais, o suplemento de vitamina A na ração aumentou a capacidade de recuperação do vigor de uma semana para a outra, ao mesmo tempo em que não causou melhoras quando o vigor já era alto. Entretanto isso não pôde ser generalizado para a população, pois na análise inferencial não foi possível detectar diferenças significativas, o que ocorre principalmente pelo pequeno tamanho amostral. Se houvesse uma replicação do estudo com as mesmas condições e um número maior de observações, sendo obtidos os mesmos padrões de comportamento observados nessa amostra, é possível que uma diferença significativa fosse observada.

Para as variáveis contínuas, os ajustes propostos através da abordagem de modelos lineares mistos se mostraram satisfatórios, não havendo indícios fortes contra as suposições feitas para os mesmos. Detectou-se e quantificou-se o efeito de estação do ano para as 7 variáveis contínuas, o que confirma o conhecimento prévio dos pesquisadores que a sazonalidade tem efeito na qualidade do sêmen. Também foi possível detectar e estimar o efeito da temperatura do dia da coleta, e de 7 dias antes da coleta, para algumas das variáveis consideradas, como a motilidade e a Eosina-Nigrosina. Em especial para a motilidade, isso era esperado pelos pesquisadores, já que é conhecido fisiologicamente que há o efeito de temperaturas altas na motilidade e na qualidade do sêmen. Apesar de descritivamente ter sido observado o efeito da suplementação da vitamina A, essas tendências não puderam ser confirmadas inferencialmente, já que em nenhum dos modelos foi possível detectar o efeito de tratamento. Isso não indica que não exista o efeito de tratamento, mas somente que com essa variabilidade e tamanho amostral, não foi possível detectá-lo.

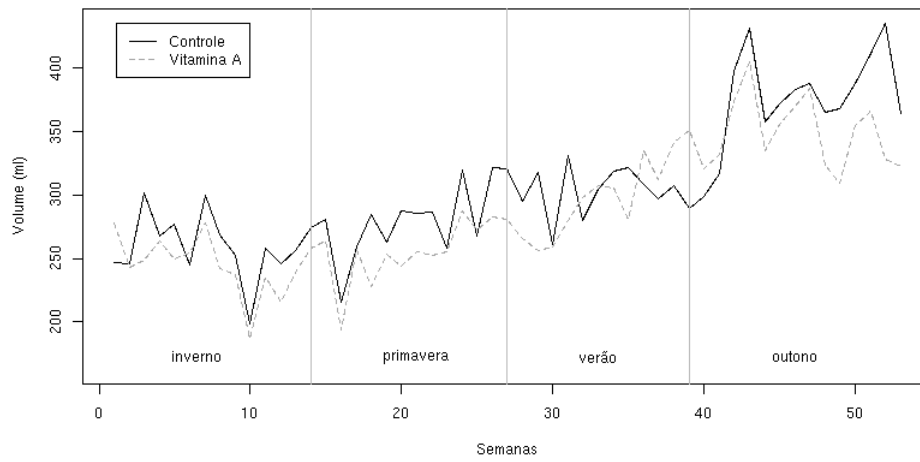
Como descritivamente as tendências apontam para um efeito da vitamina A no sentido esperado pelos pesquisadores (os porcos que receberam a ração com suplementação apresentaram maior proporção de melhora e maior motilidade), é de se esperar que com um delineamento experimental envolvendo mais cachaços, ou que controle melhor a variabilidade dos cachaços selecionados na amostra, seja possível detectar inferencialmente essas diferenças.

**APÊNDICE A:  
GRÁFICOS – SÉRIES DE PERFIS**

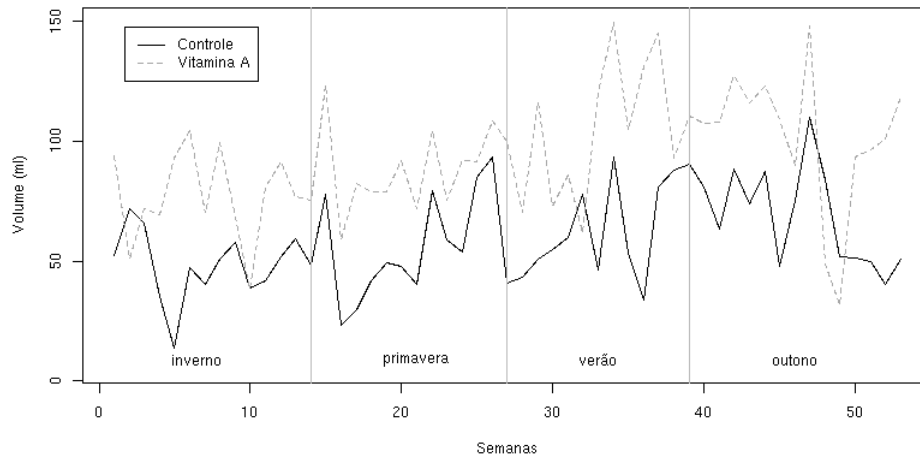
**Figura A.1. Séries individuais para o volume.**

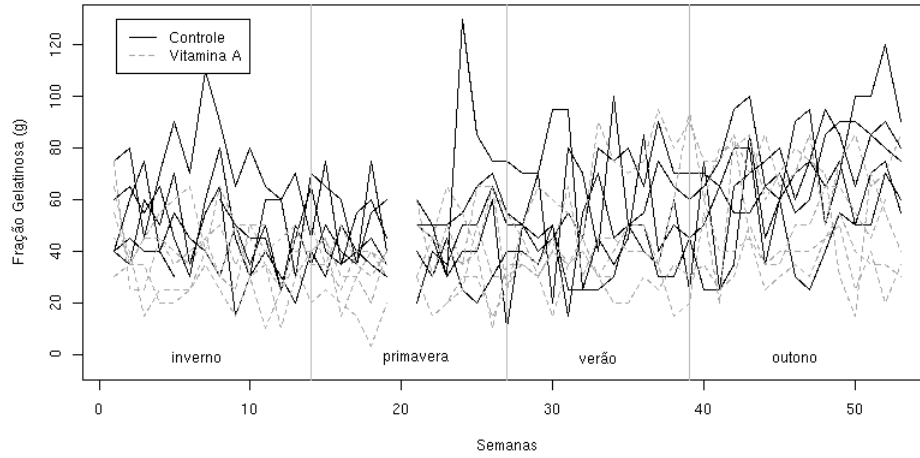
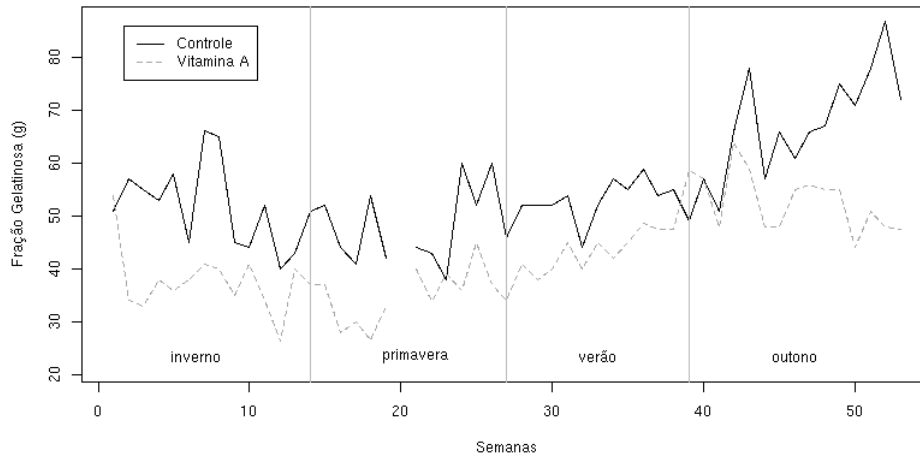
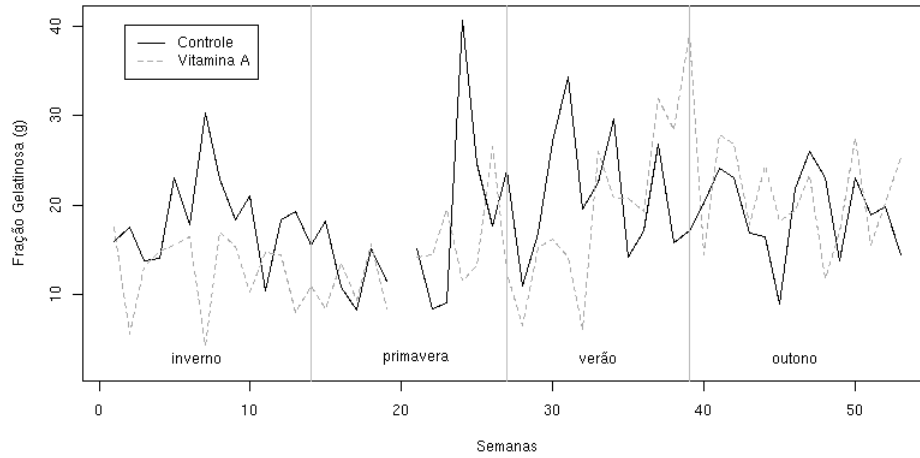


**Figura A.2. Séries de perfis médios para o volume.**

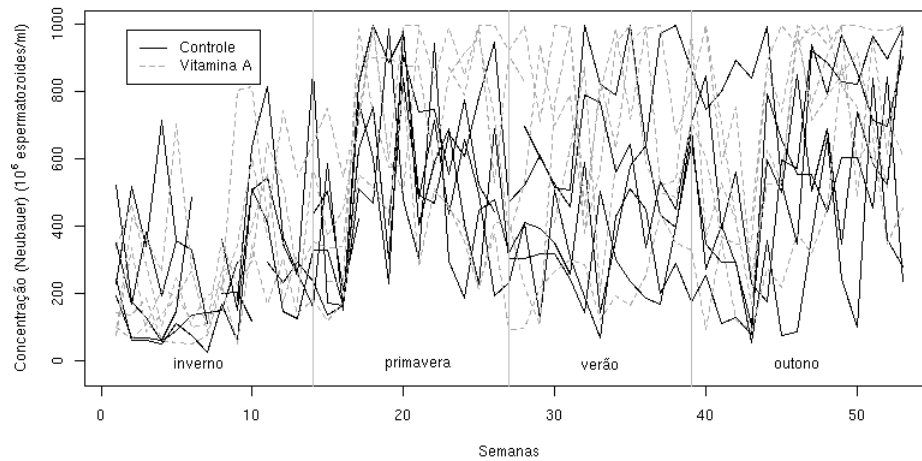


**Figura A.3. Séries de perfis de desvios para o volume.**

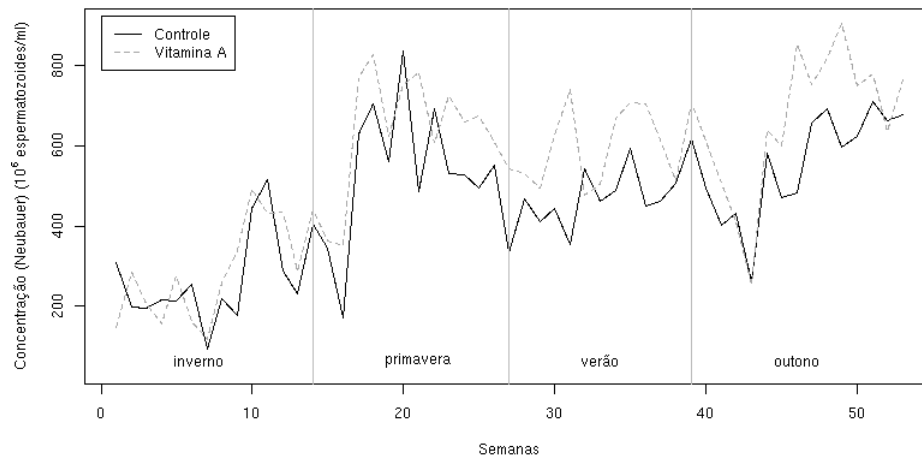


**Figura A.4. Séries individuais para o peso da fração gelatinosa.****Figura A.5. Séries de perfis médios para o peso da fração gelatinosa.****Figura A.6. Séries de perfis de desvios para o peso da fração gelatinosa.**

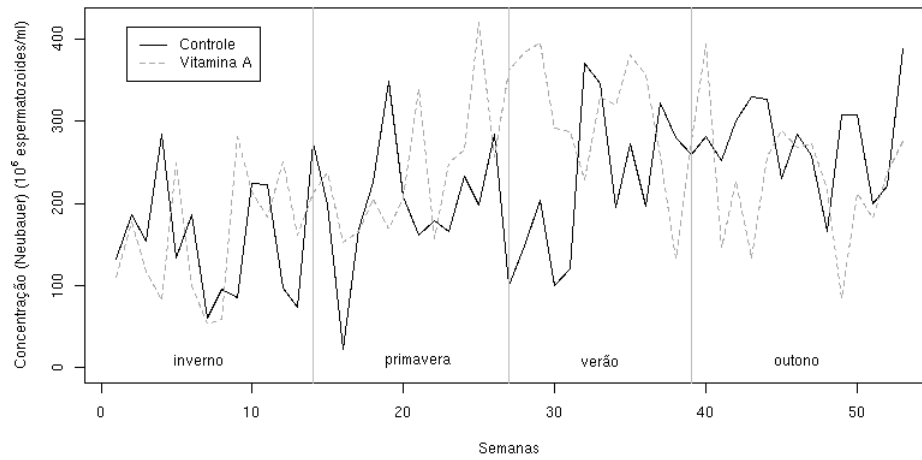
**Figura A.7. Séries individuais para a concentração de Neubauer.**



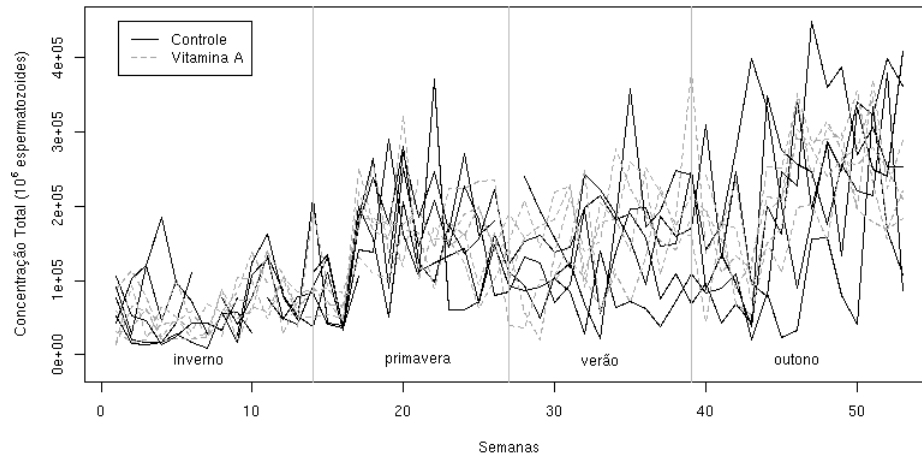
**Figura A.8 Séries de perfis médios para a concentração de Neubauer.**



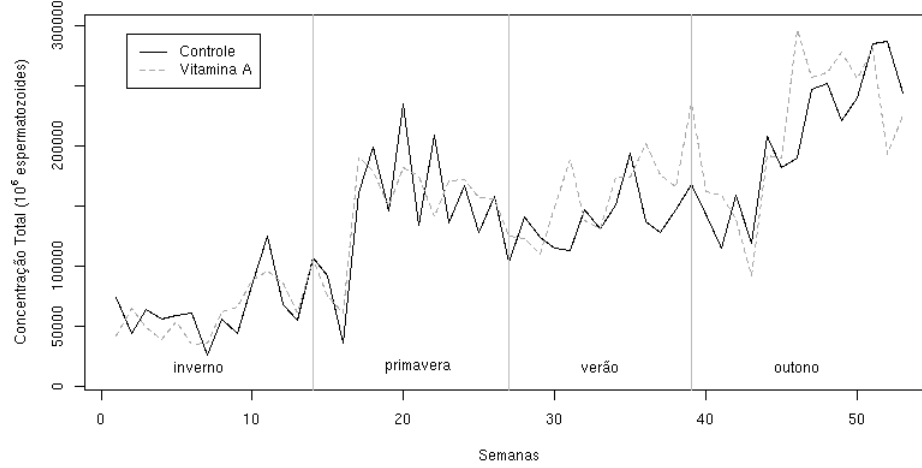
**Figura A.9. Séries de perfis de desvios para a concentração de Neubauer.**



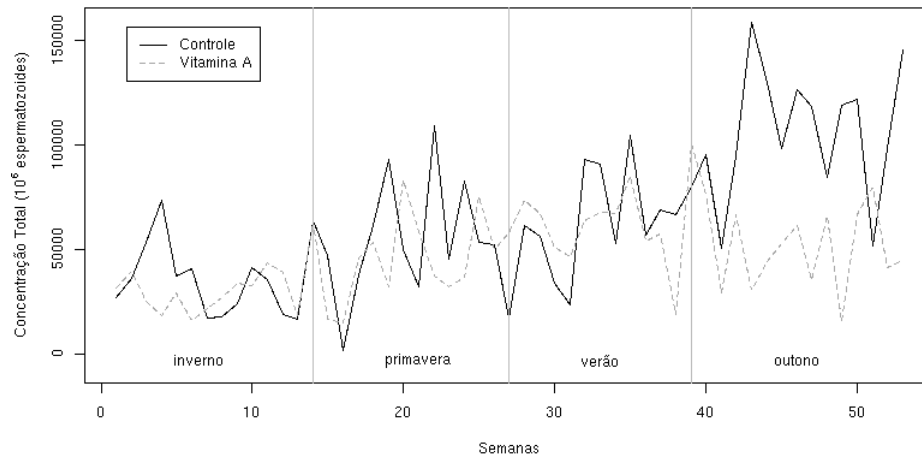
**Figura A.10. Séries individuais para a concentração total.**



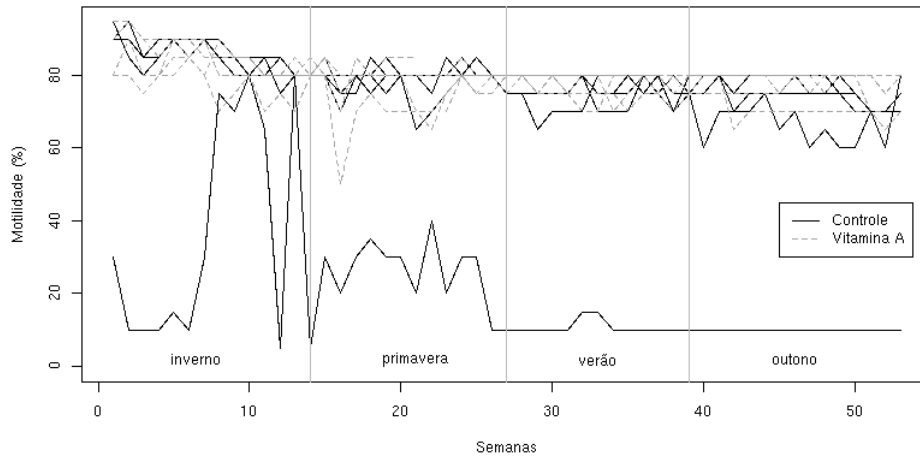
**Figura A.11. Séries de perfis médios para a concentração total.**



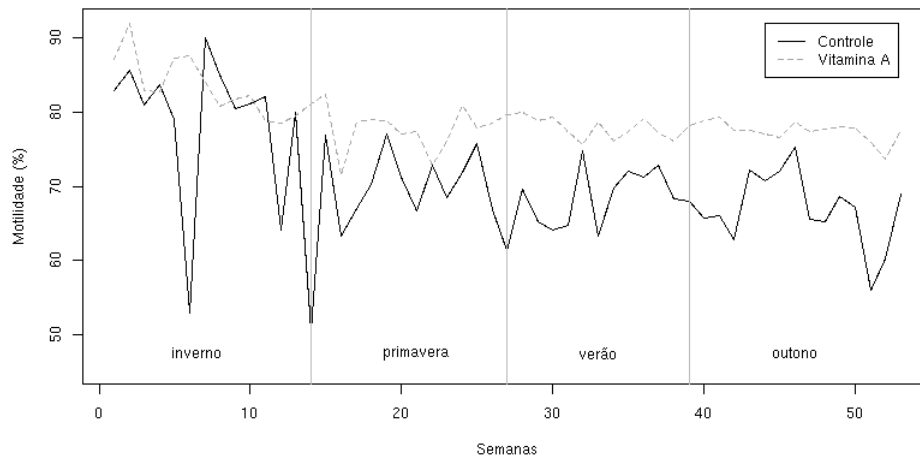
**Figura A.12. Séries de perfis de desvios para a concentração total.**



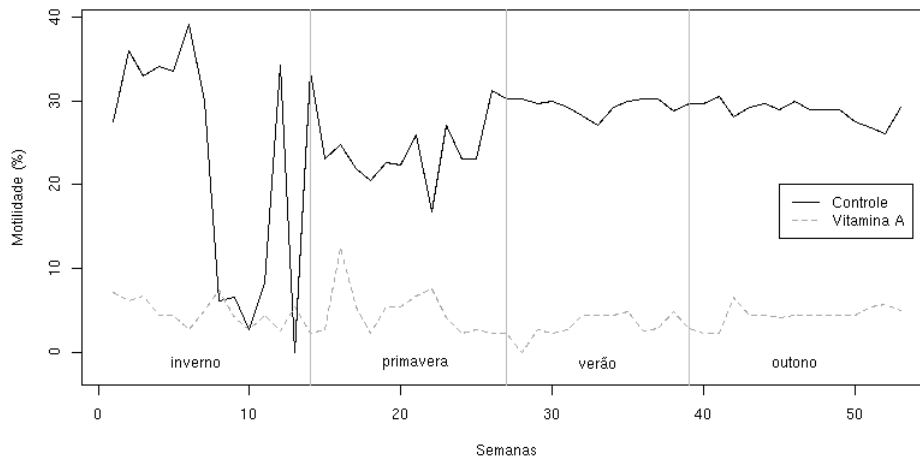
**Figura A.13. Séries individuais para a motilidade.**



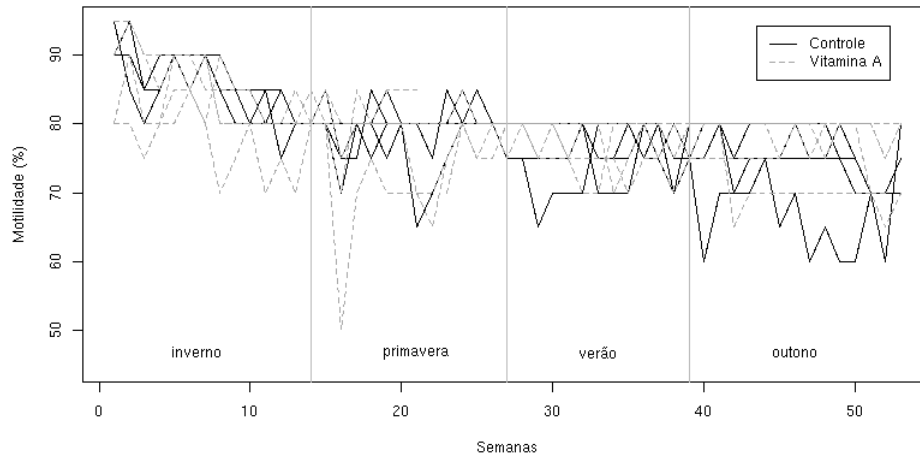
**Figura A.14. Séries de perfis médios ponderados para a motilidade.**



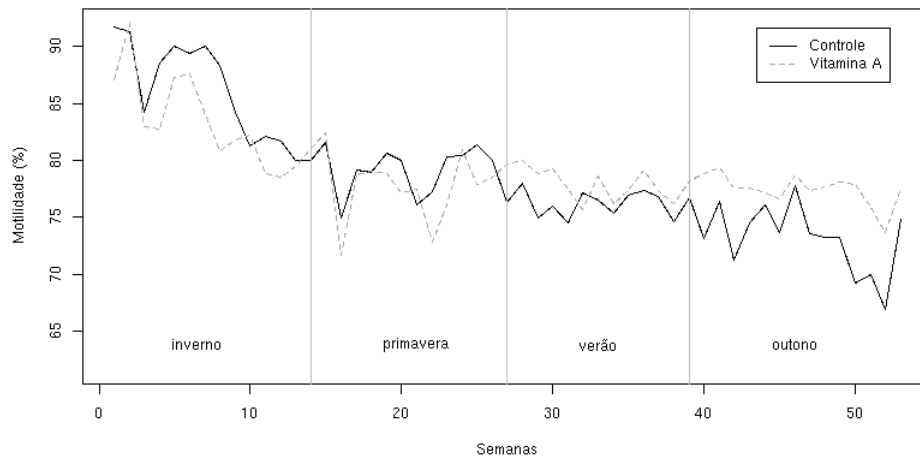
**Figura A.15. Séries de perfis de desvios para a motilidade.**



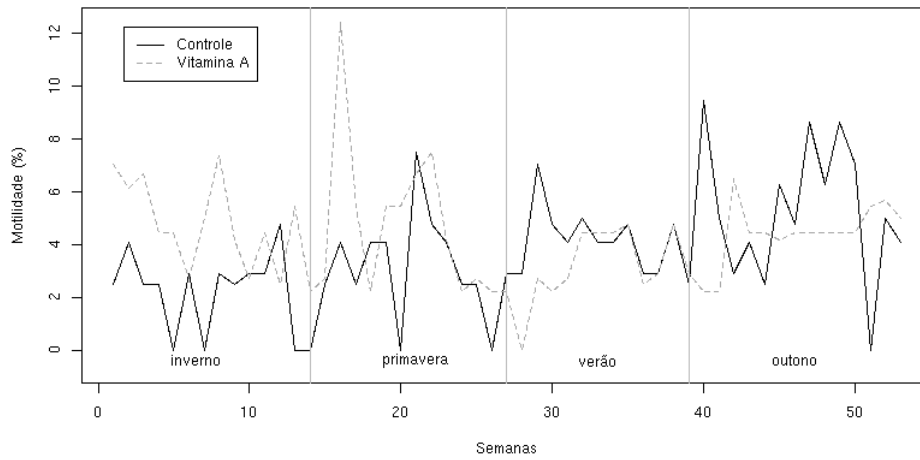
**Figura A.16. Séries individuais para a motilidade, sem o animal 351.**



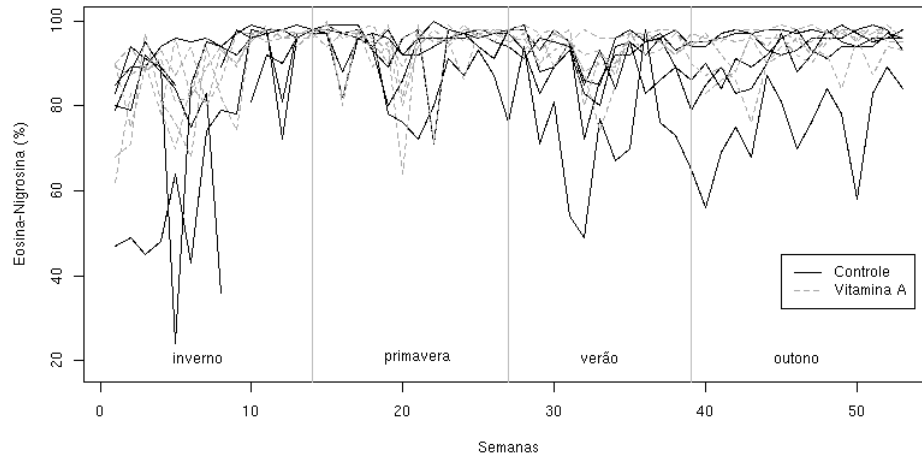
**Figura A.17. Séries de perfis médios ponderados para a motilidade, sem o animal 351.**



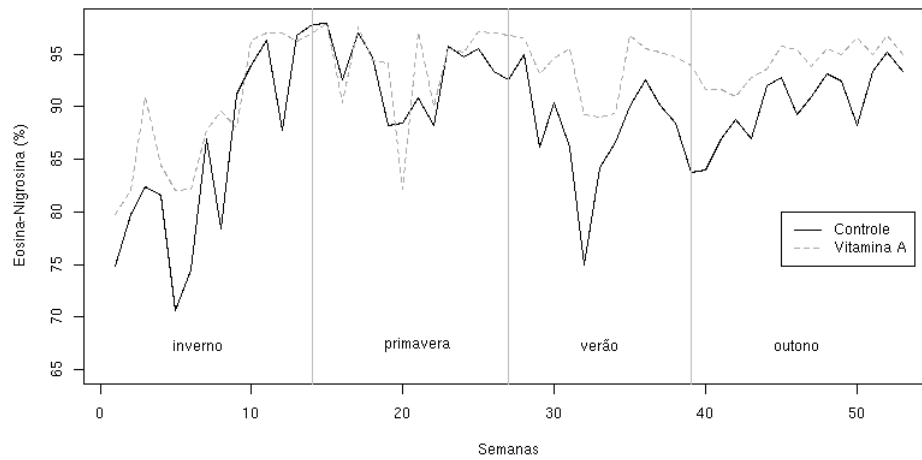
**Figura A.18. Séries de perfis de desvios para a motilidade, sem o animal 351.**



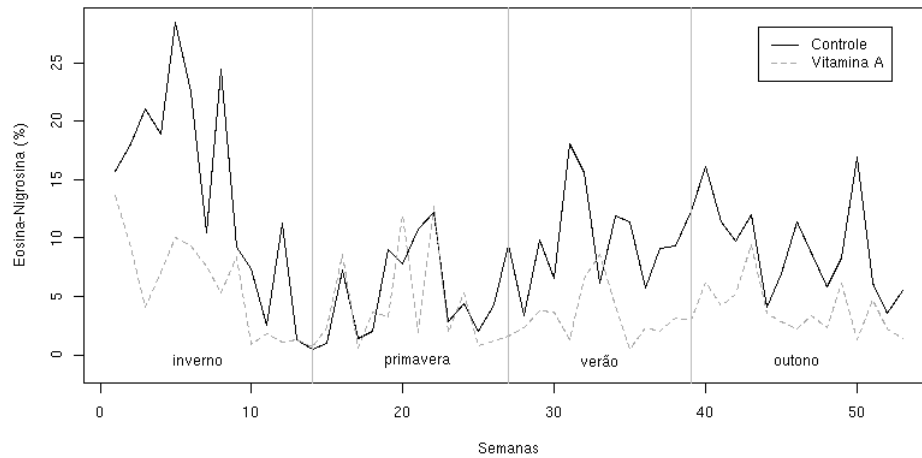
**Figura A.19. Séries individuais para a Eosina-Nigrosina.**



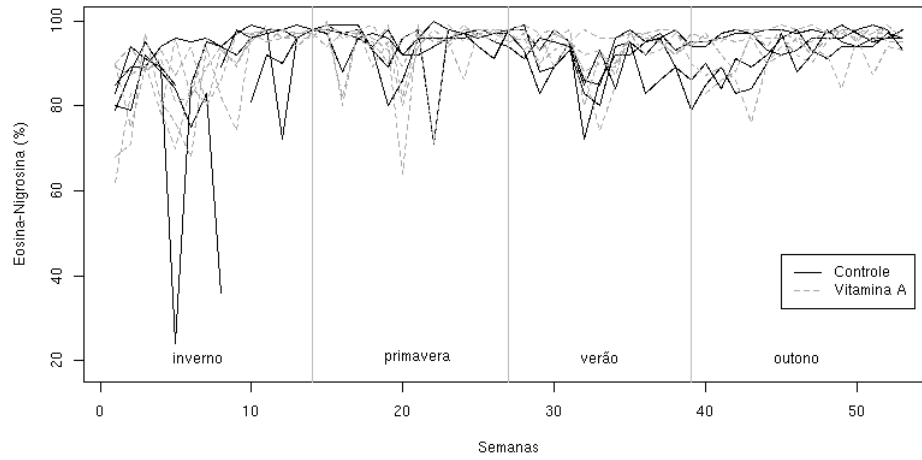
**Figura A.20. Séries de perfis médios para a Eosina-Nigrosina.**



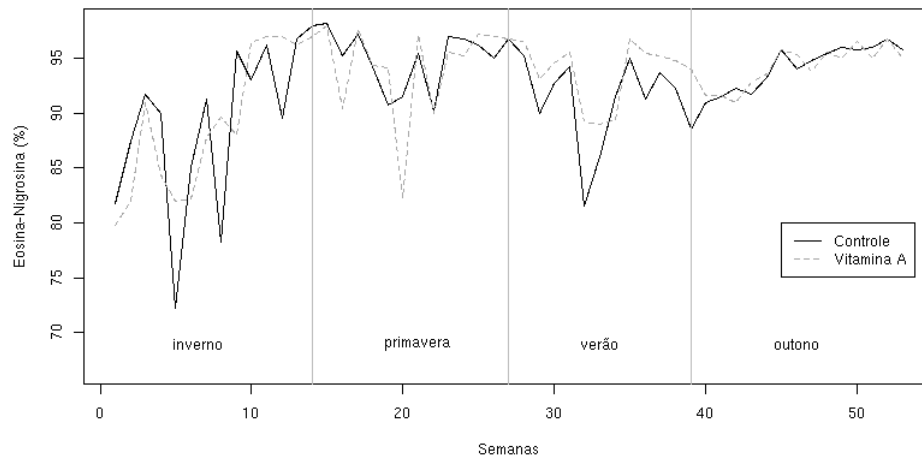
**Figura A.21. Séries de perfis de desvios para a Eosina-Nigrosina.**



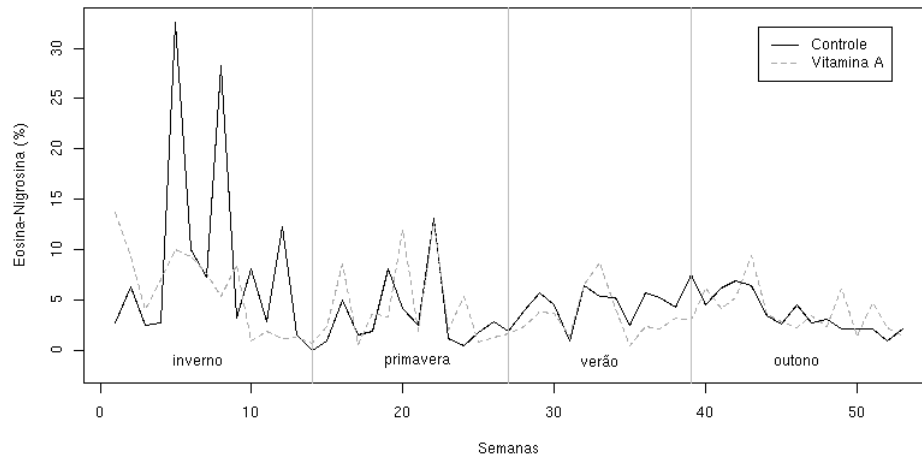
**Figura A.22. Séries individuais para a Eosina-Nigrosina, sem o animal 351.**



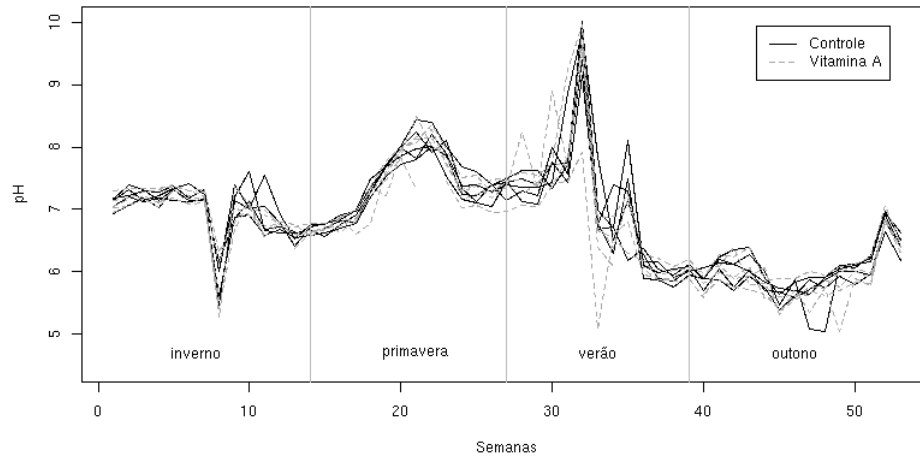
**Figura A.23. Séries de perfis médios para a Eosina-Nigrosina, sem o animal 351.**



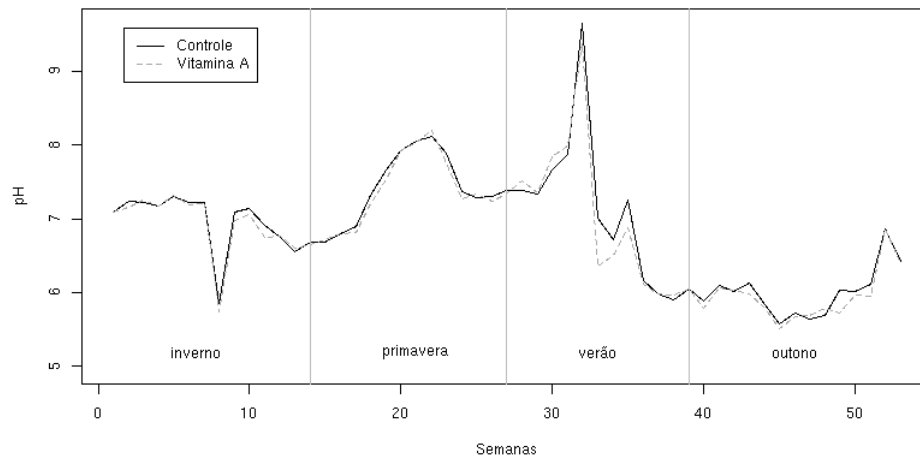
**Figura A.24. Séries de perfis de desvios para a Eosina-Nigrosina, sem o animal 351.**



**Figura A.25. Séries individuais para o pH.**



**Figura A.26. Séries de perfis médios para o pH.**



**Figura A.27. Séries de perfis de desvios para o pH.**

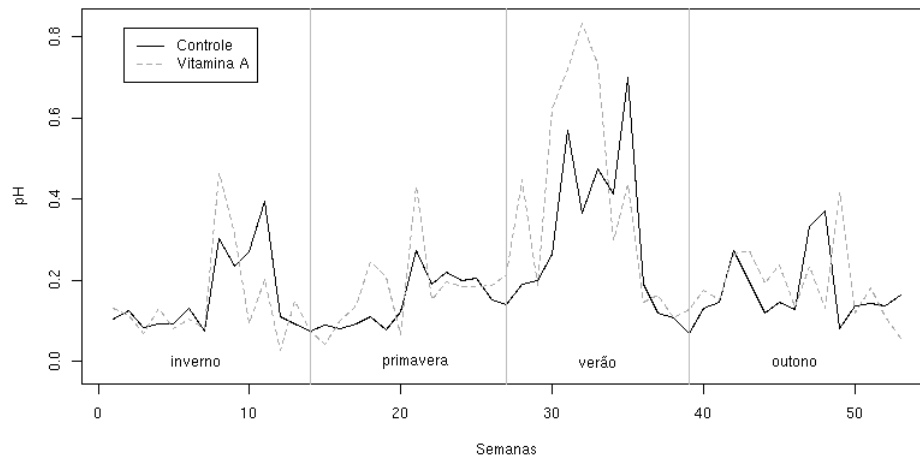
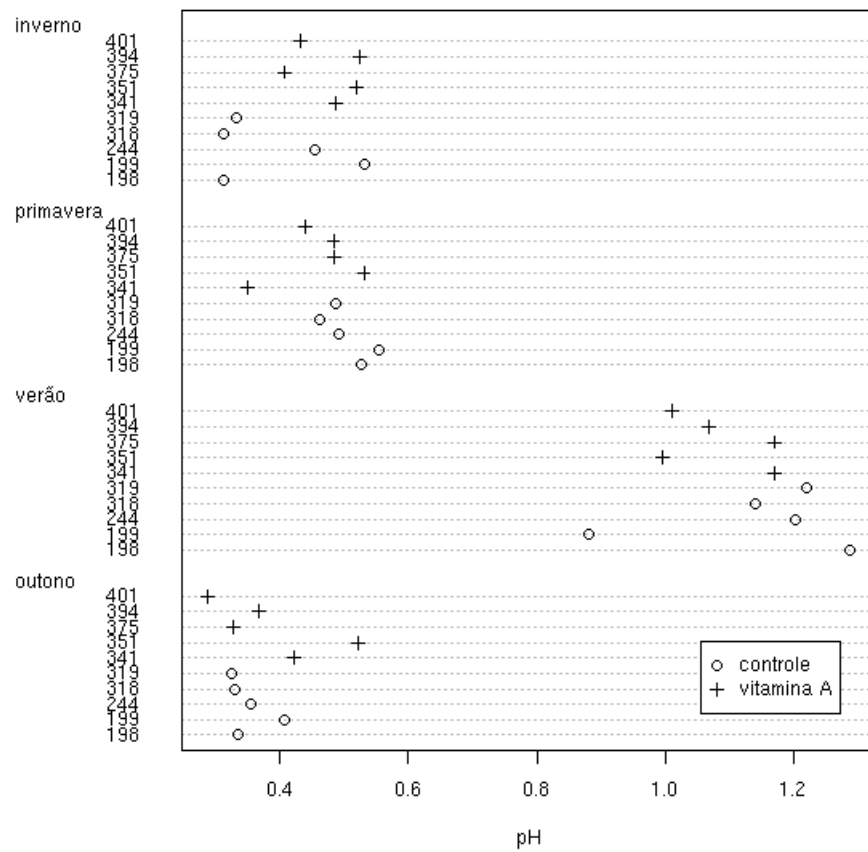
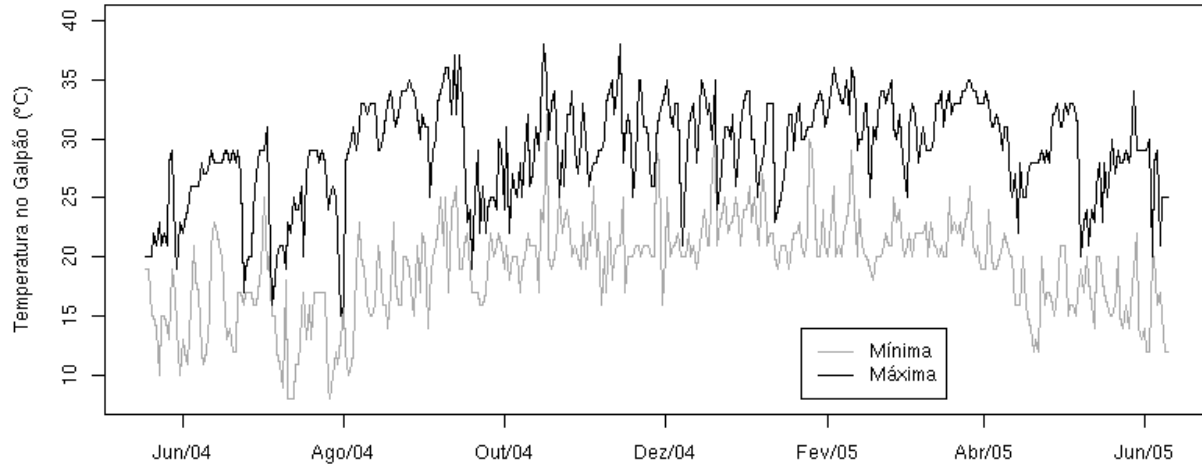


Figura A.28. Gráfico de pontos de desvios padrão por animal dentro de cada estação, para o pH.

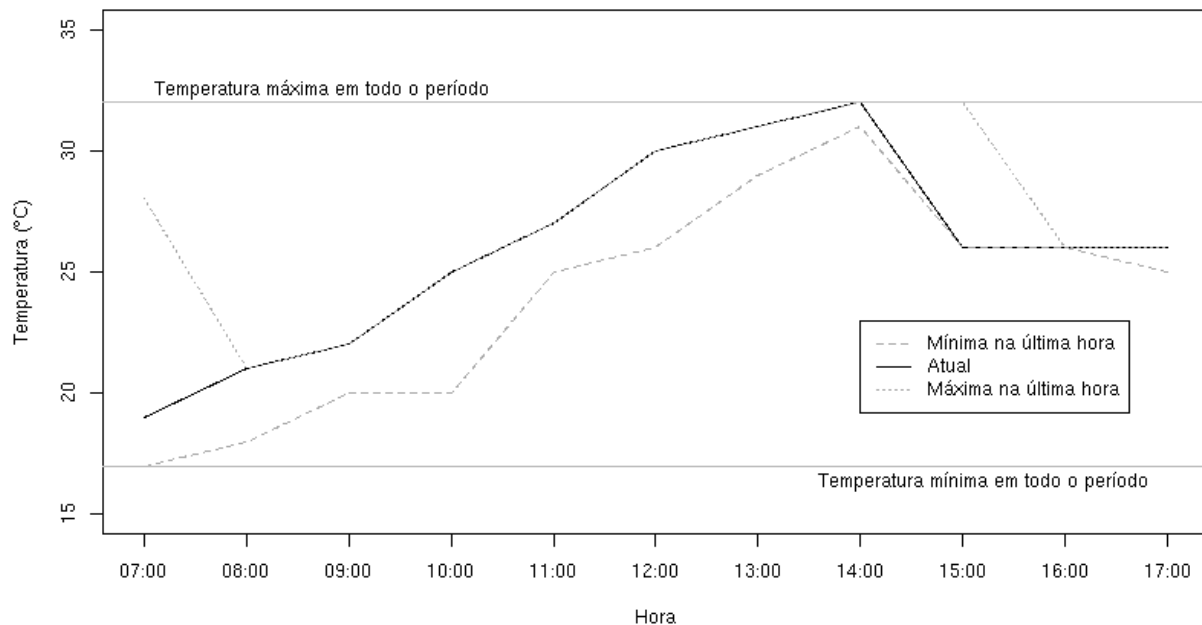


**APÊNDICE B:**  
**GRÁFICOS – ESTUDO DO EFEITO DA TEMPERATURA**

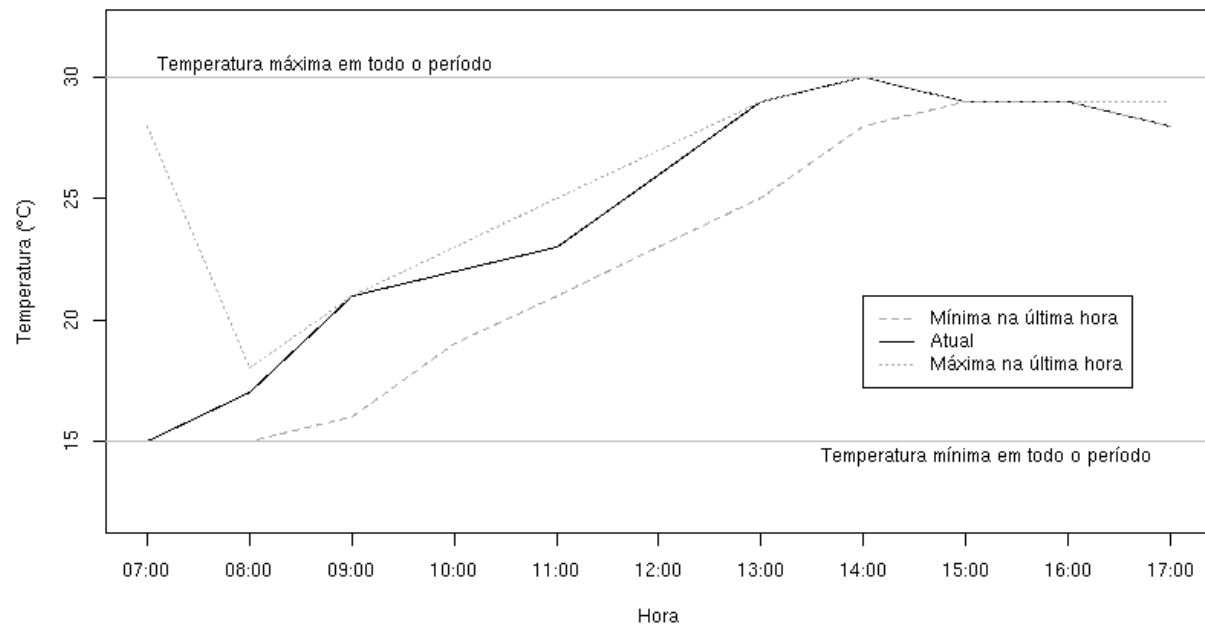
**Figura B.1. Séries de temperaturas mínima e máxima ao longo do dia (07h00 as 17h00) para todo o período do experimento.**



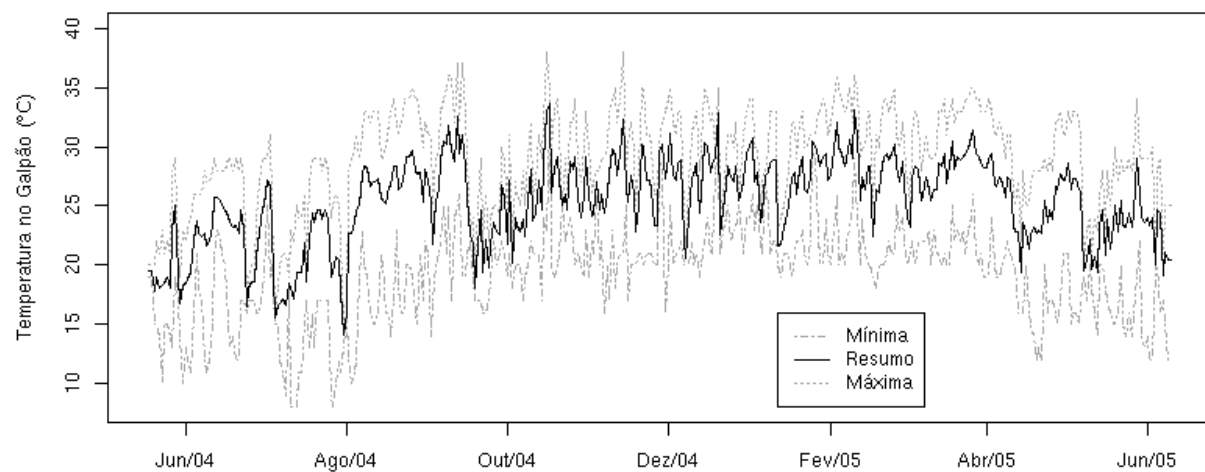
**Figura B.2. Dados do experimento piloto realizado no dia 07 de setembro de 2005. Estão representadas a temperatura naquela hora (atual) e as temperaturas mínima e máxima na última hora, assim como a temperatura mínima e máxima de todo o período considerado.**



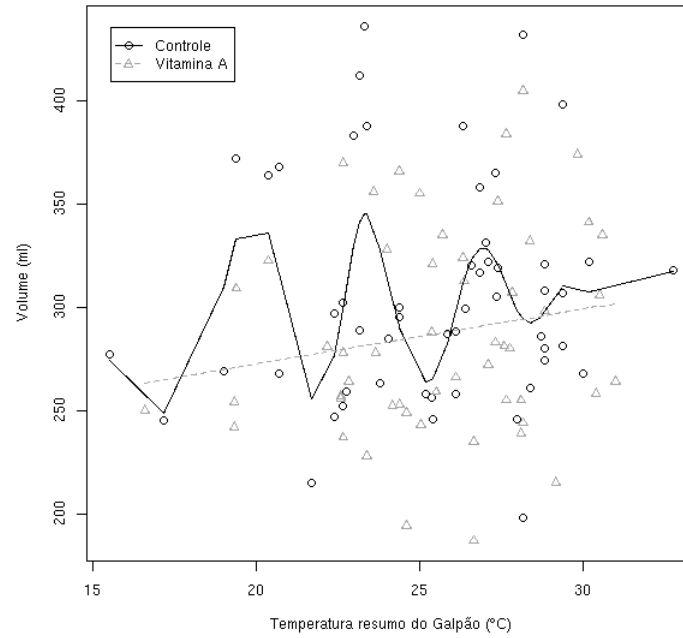
**Figura B.3. Dados do experimento piloto realizado no dia 08 de setembro de 2005. Estão representadas a temperatura naquela hora (atual) e as temperaturas mínima e máxima na última hora, assim como a temperatura mínima e máxima de todo o período considerado.**



**Figura B.4. Séries de temperaturas mínima e máxima ao longo do dia (07h00 as 17h00) junto com a temperatura resumo.**



**Figura B.5. Diagrama de dispersão da temperatura do dia no galpão pela média do volume de ejaculado, separado por tratamento.**



**Figura B.6. Diagrama de dispersão da temperatura no galpão de uma semana antes pela média do volume de ejaculado, separado por tratamento.**

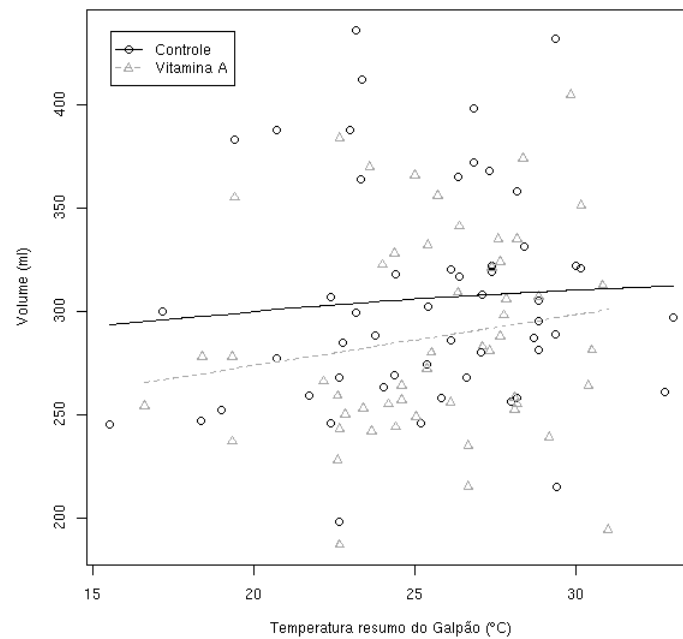


Figura B.7. Diagrama de dispersão da temperatura do dia no galpão pela média do peso da fração gelatinosa, separado por tratamento.

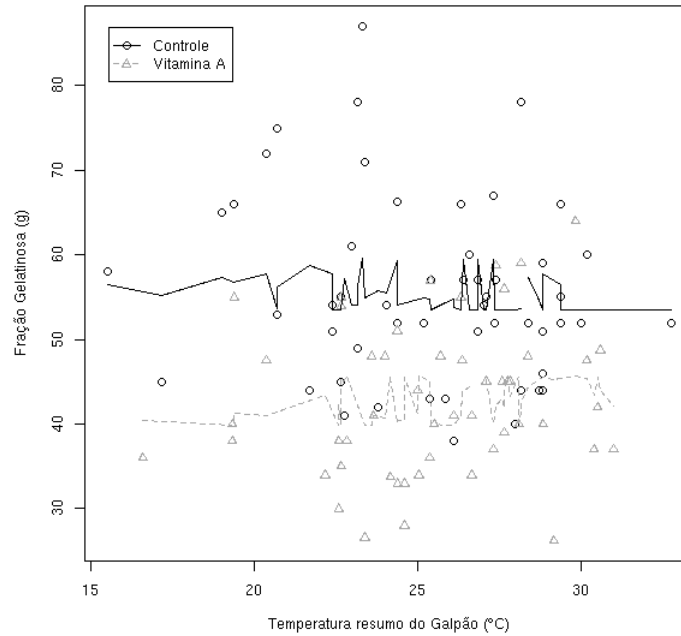
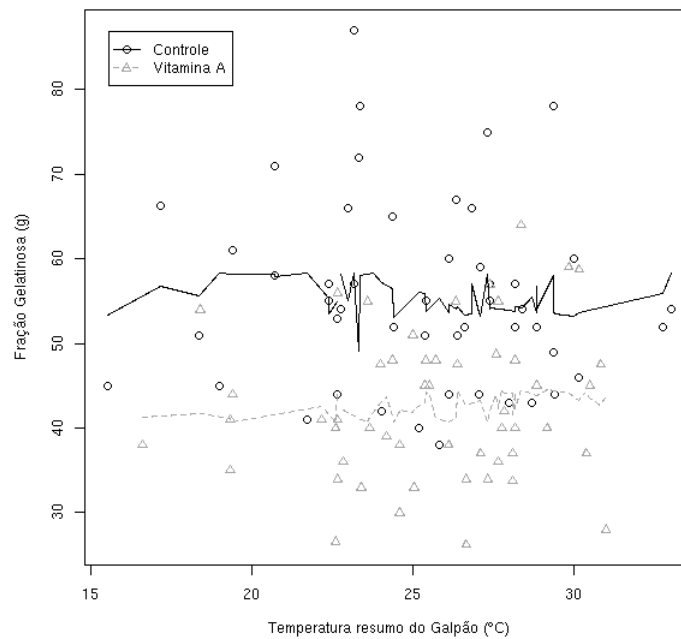
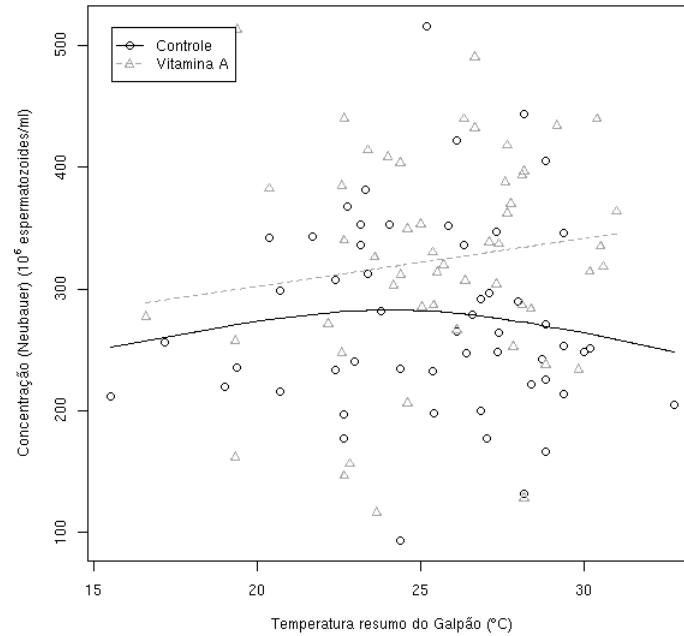


Figura B.8. Diagrama de dispersão da temperatura no galpão de uma semana antes pela média do peso da fração gelatinosa, separado por tratamento.



**Figura B.9. Diagrama de dispersão da temperatura do dia no galpão pela média da concentração da câmara de Neubauer, separado por tratamento.**



**Figura B.10. Diagrama de dispersão da temperatura no galpão de uma semana antes pela média da concentração da câmara de Neubauer, separado por tratamento.**

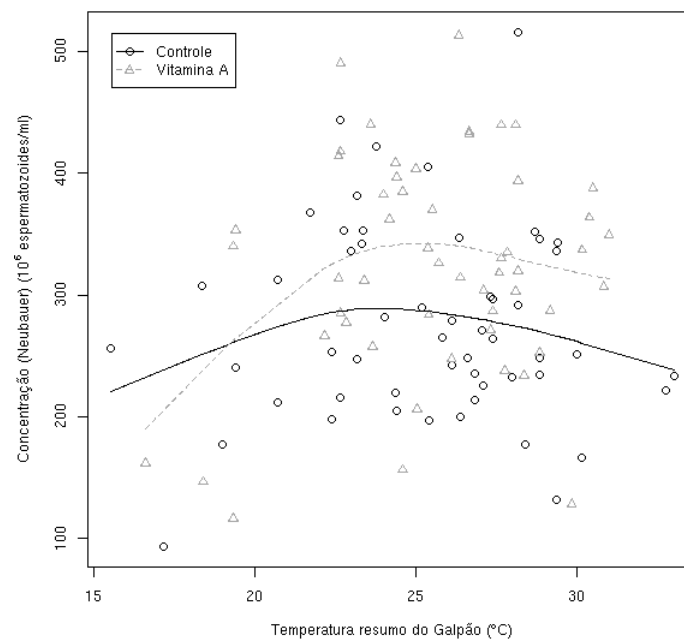


Figura B.11. Diagrama de dispersão da temperatura do dia no galpão pela média da concentração total, separado por tratamento.

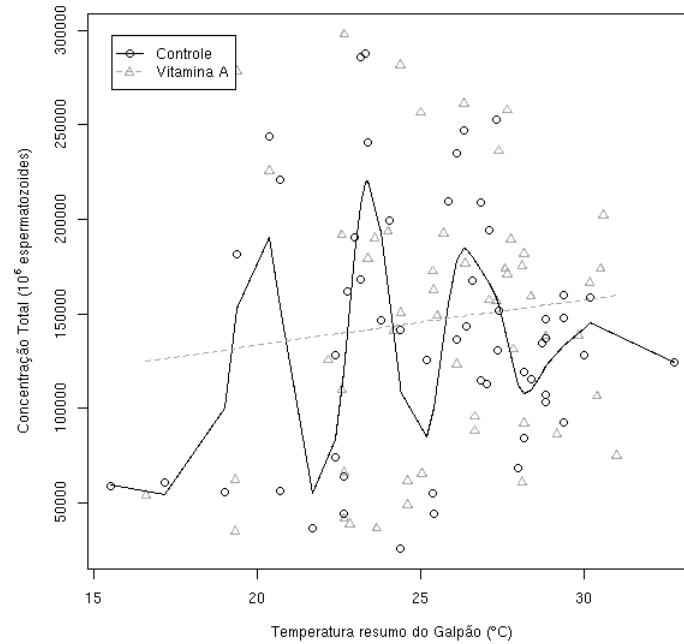


Figura B.12. Diagrama de dispersão da temperatura no galpão de uma semana antes pela média da concentração total, separado por tratamento.

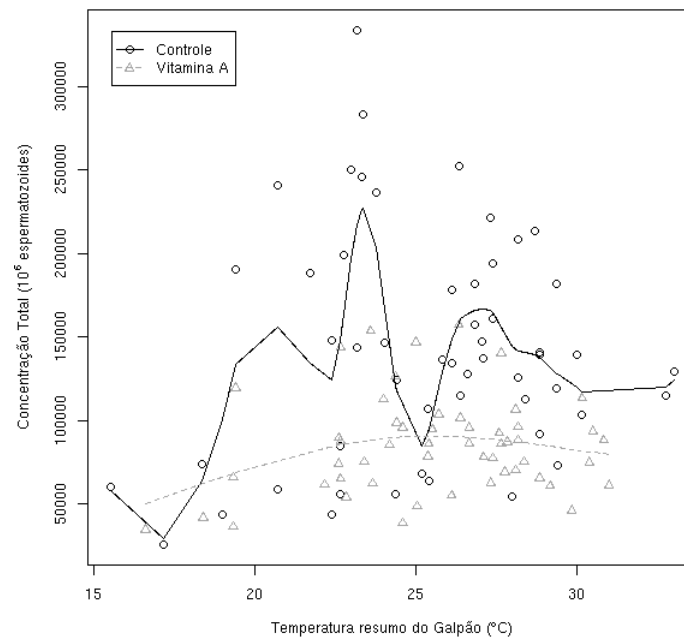


Figura B.13. Diagrama de dispersão da temperatura do dia no galpão pela média ponderada da motilidade espermática, separado por tratamento.

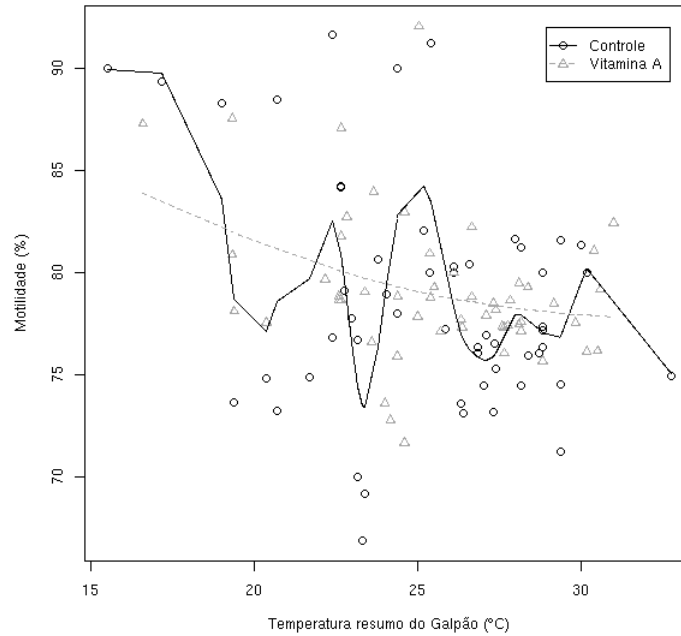


Figura B.14. Diagrama de dispersão da temperatura no galpão de uma semana antes pela média ponderada da motilidade espermática, separado por tratamento.

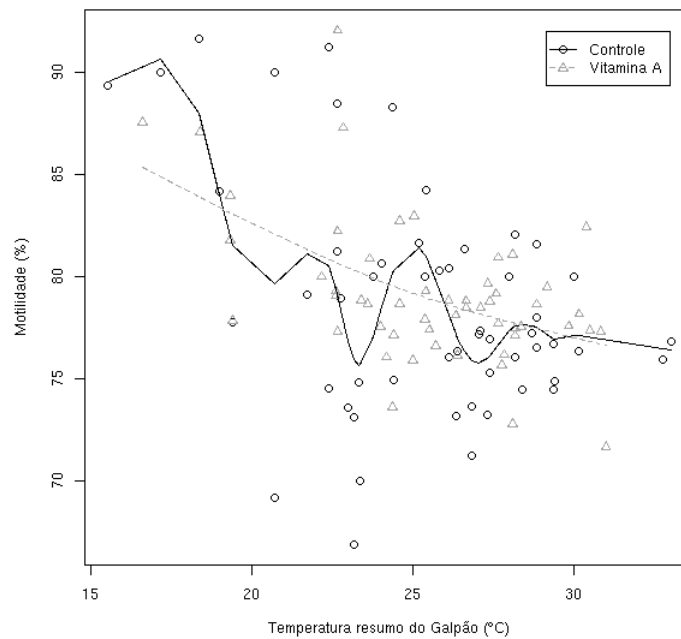


Figura B.15. Diagrama de dispersão da temperatura do dia no galpão pela média da concentração de Eosina-Nigrosina, separado por tratamento.

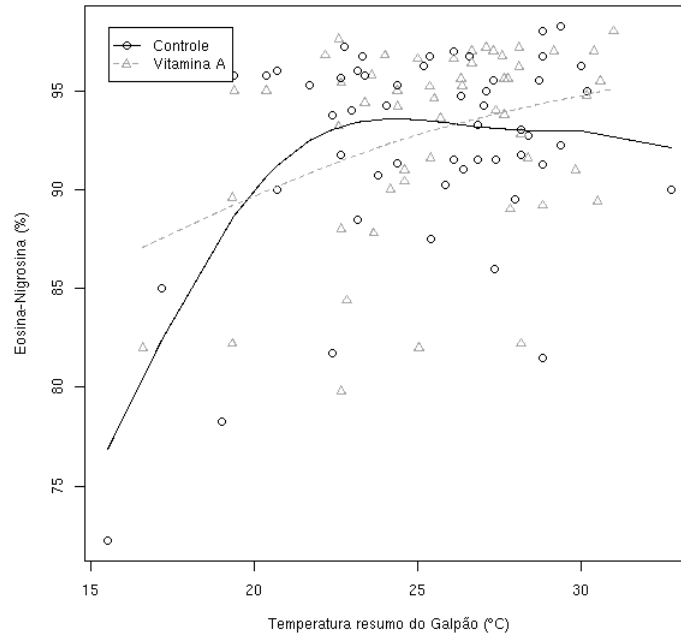


Figura B.16. Diagrama de dispersão da temperatura no galpão de uma semana antes pela média da concentração de Eosina-Nigrosina, separado por tratamento.

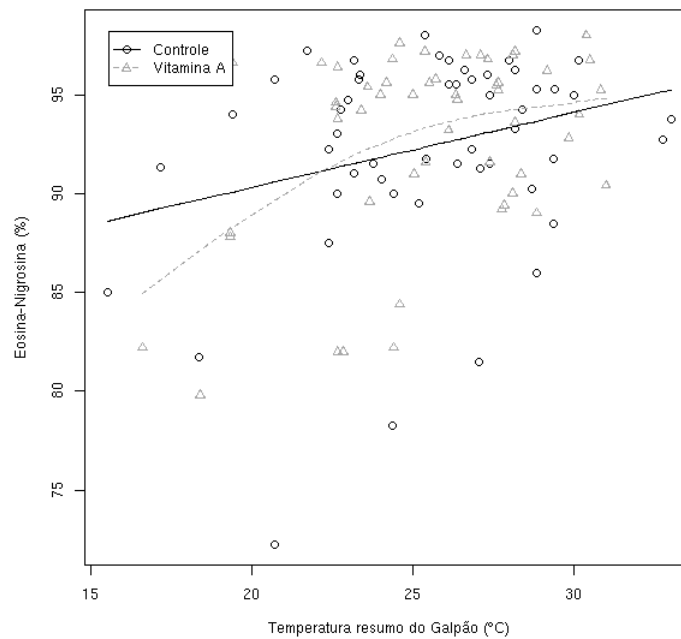


Figura B.17. Diagrama de dispersão da temperatura do dia no galpão pela média do pH, separado por tratamento.

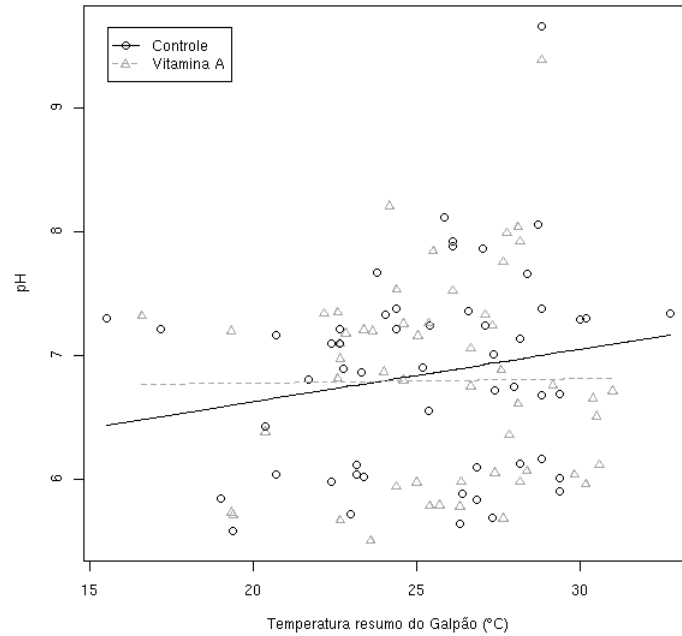
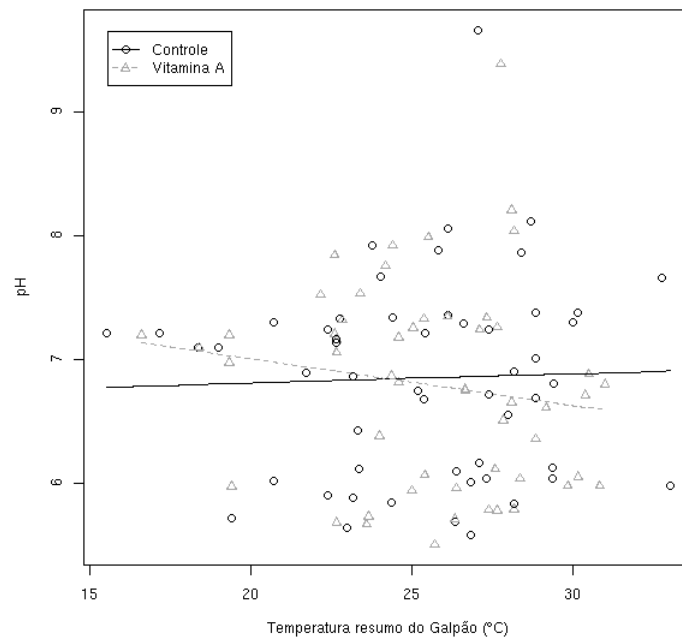
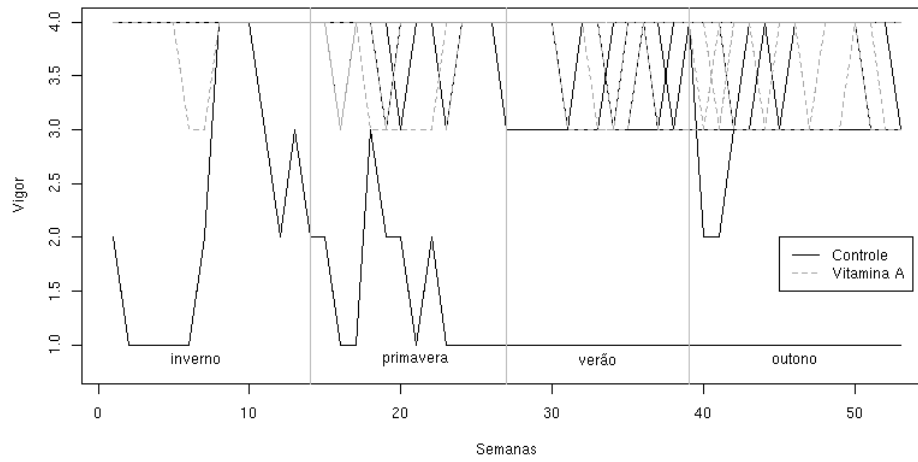


Figura B.18. Diagrama de dispersão da temperatura no galpão de uma semana antes pela média do pH, separado por tratamento.



**APÊNDICE C:**  
**GRÁFICOS – VIGOR: CADEIAS DE MARKOV**

**Figura C.1. Séries individuais para o vigor.**



**Figura C.2. Probabilidades de transição entre os diferentes estados de vigor, estimadas conjuntamente para todo o conjunto de 10 animais.**

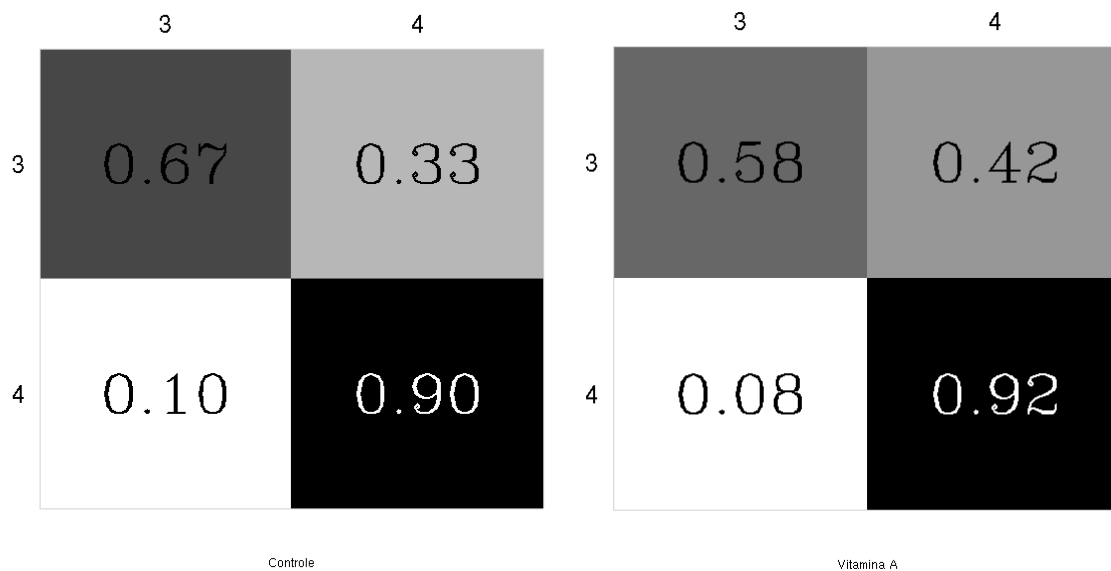


Figura C.3. Perspectiva da função de verossimilhança conjunta normalizada da probabilidade de transição (3,4) amostral.

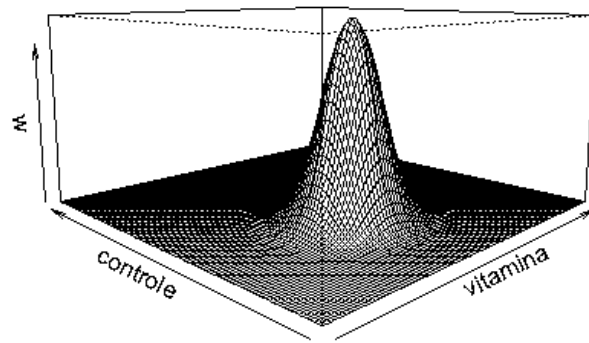


Figura C.4. Perspectiva da função de verossimilhança conjunta normalizada da probabilidade de transição (3,4) esperada para o novo tamanho amostral proposto.

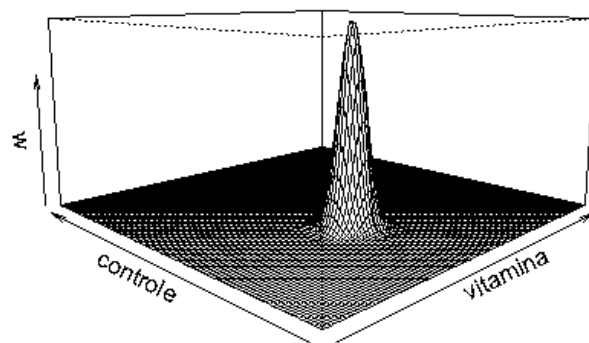
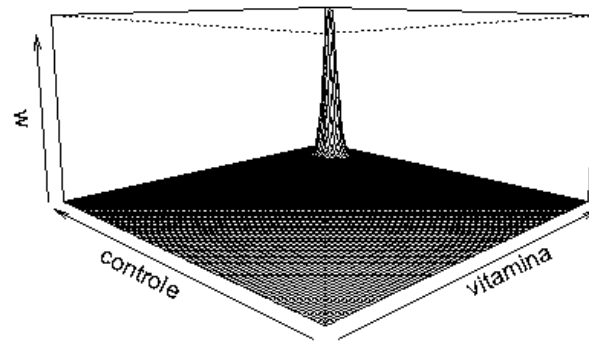


Figura C.5. Perspectiva da função de verossimilhança conjunta normalizada da probabilidade de transição (4,4) amostral.



**APÊNDICE D:  
GRÁFICOS - INVESTIGAÇÃO DAS ESTRUTURAS DE  
CORRELAÇÃO**

Figura D.1. Gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial para dois animais do grupo controle (244 e 318), para a variável resposta volume do ejaculado.

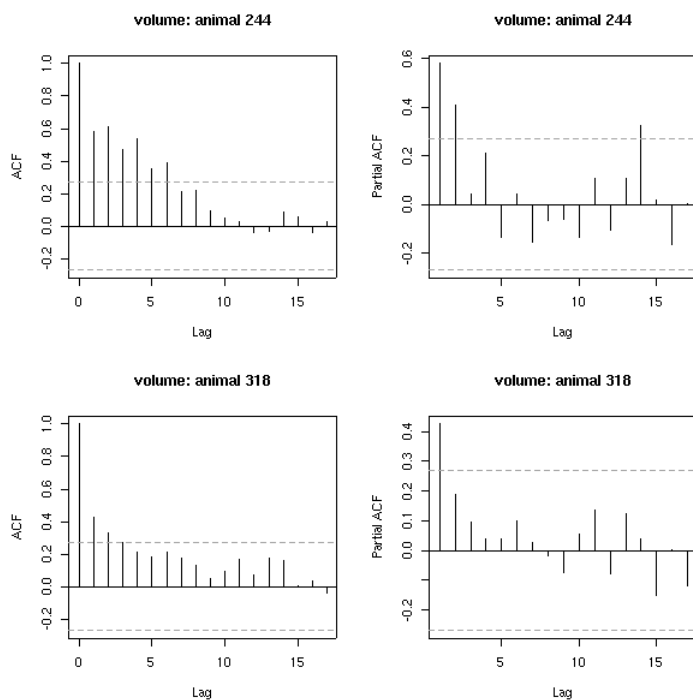


Figura D.2. Gráficos para análise dos resíduos do modelo AR(1) ajustado individualmente para cada animal, para a variável resposta volume do ejaculado.

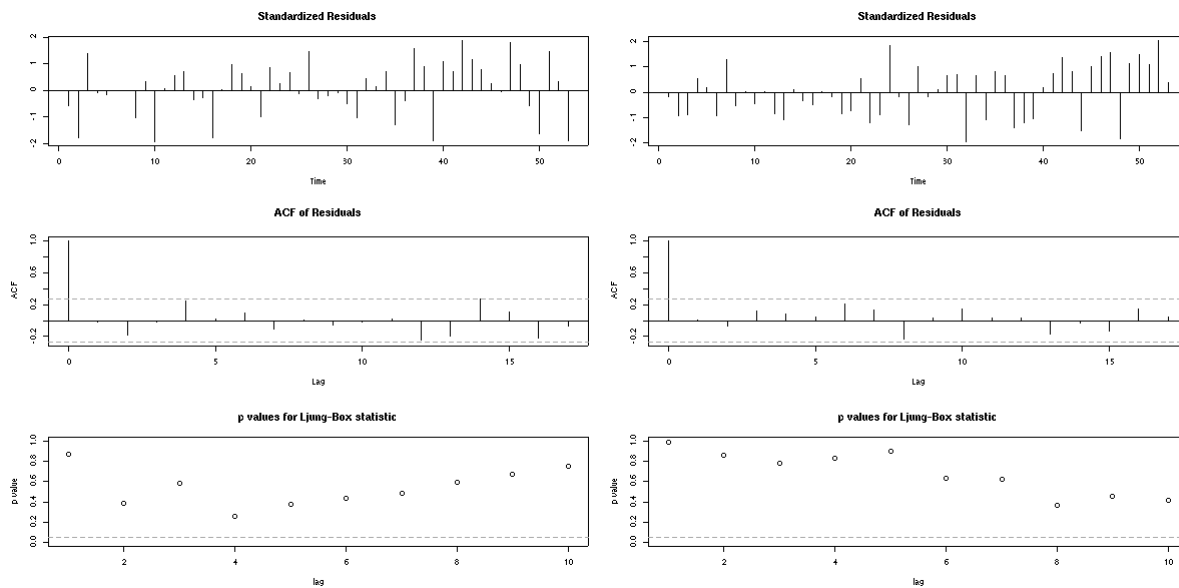


Figura D.3. Gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial para dois animais do grupo vitamina A (198 e 341), para a variável resposta peso da fração gelatinosa.

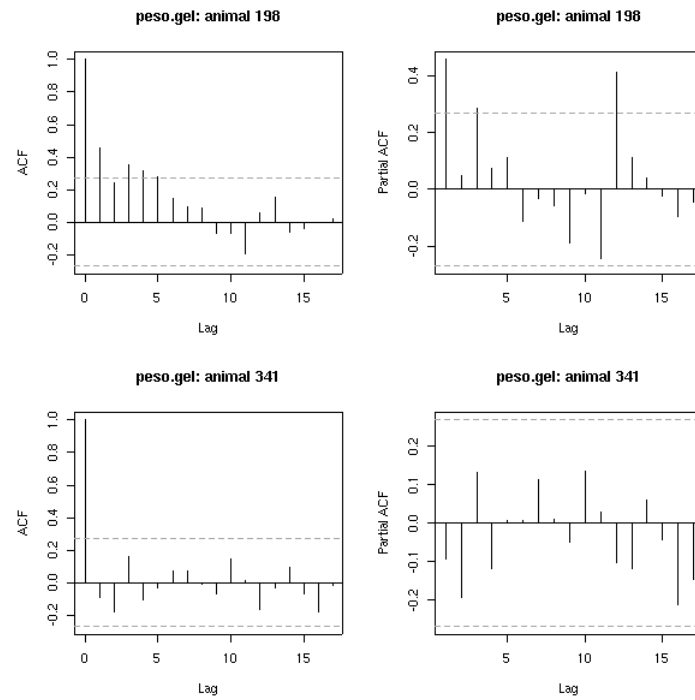


Figura D.4. Gráficos para análise dos resíduos do modelo AR(1) ajustado individualmente para cada animal, para a variável resposta peso da fração gelatinosa.

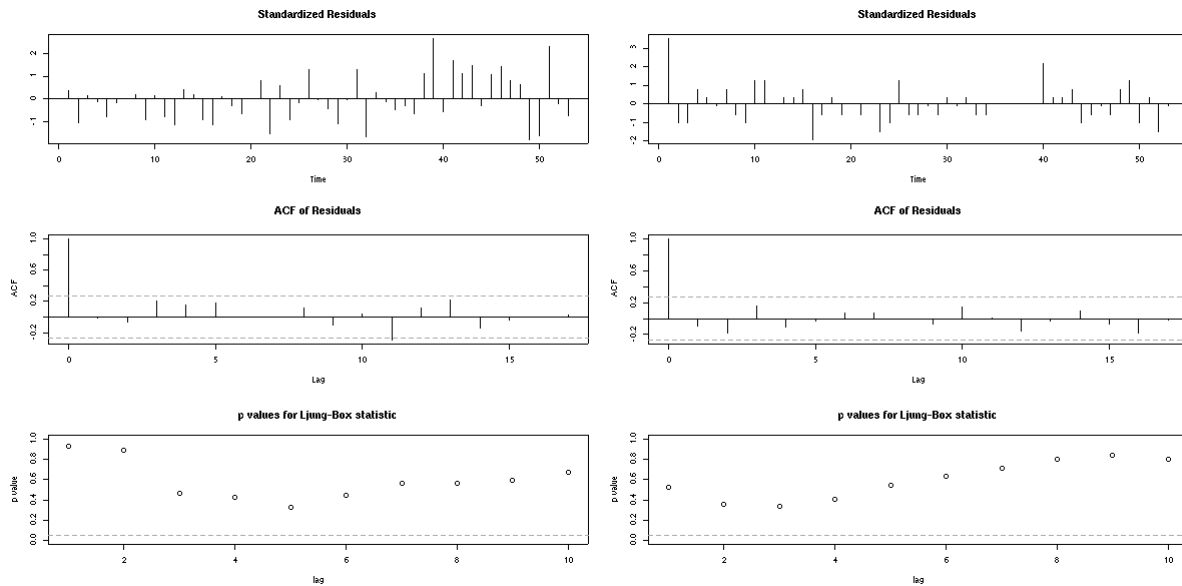


Figura D.5. Gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial para dois animais do grupo controle (244 e 318), para a variável resposta concentração total.

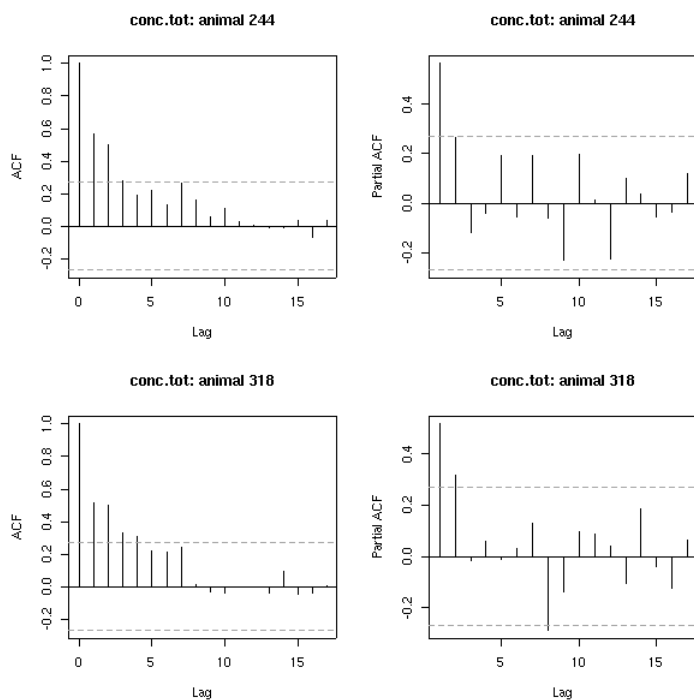


Figura D.6. Gráficos para análise dos resíduos do modelo AR(1) ajustado individualmente para cada animal, para a variável resposta concentração total.

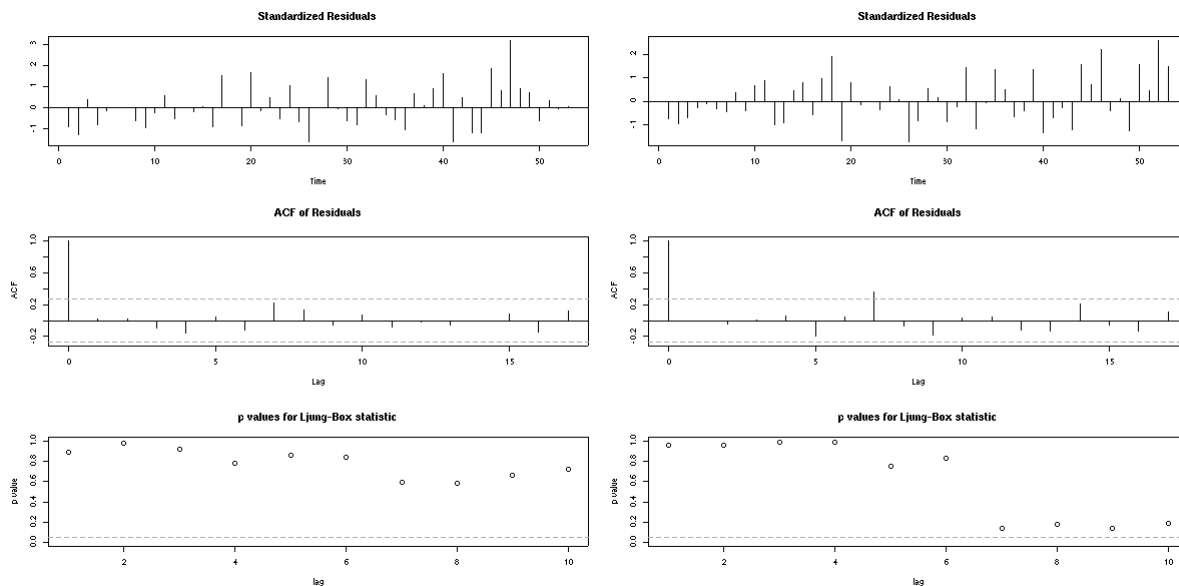


Figura D.7. Gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial para um animal de cada tratamento (controle e vitamina A), (351 e 394, respectivamente), para a variável resposta motilidade espermática.

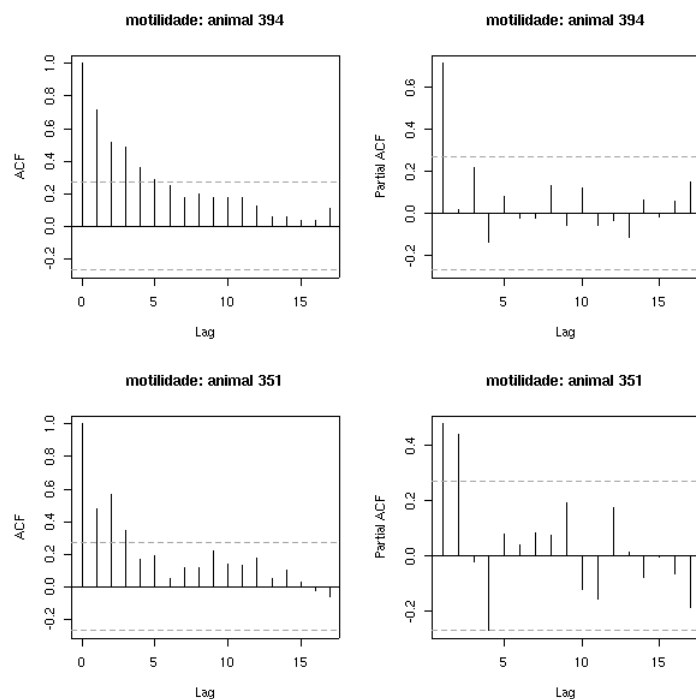


Figura D.8. Gráficos para análise dos resíduos do modelo AR(1) ajustado individualmente para cada animal, para a variável resposta motilidade espermática.

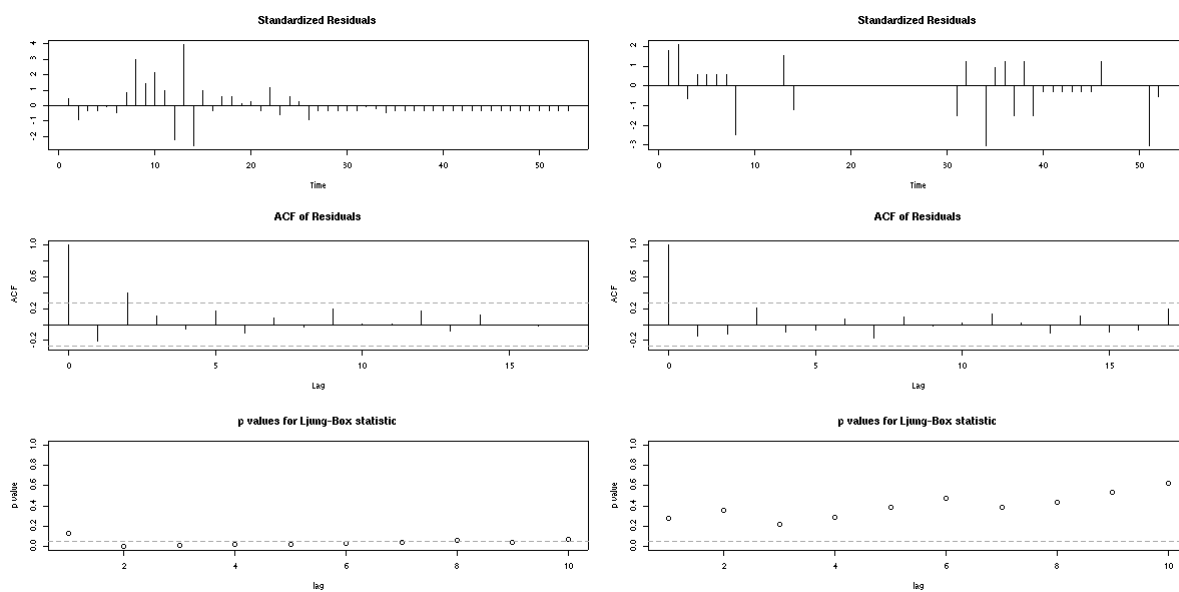


Figura D.9. Gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial para dois animais do grupo vitamina A (198 e 341), para a variável resposta Eosina-Nigrosina.

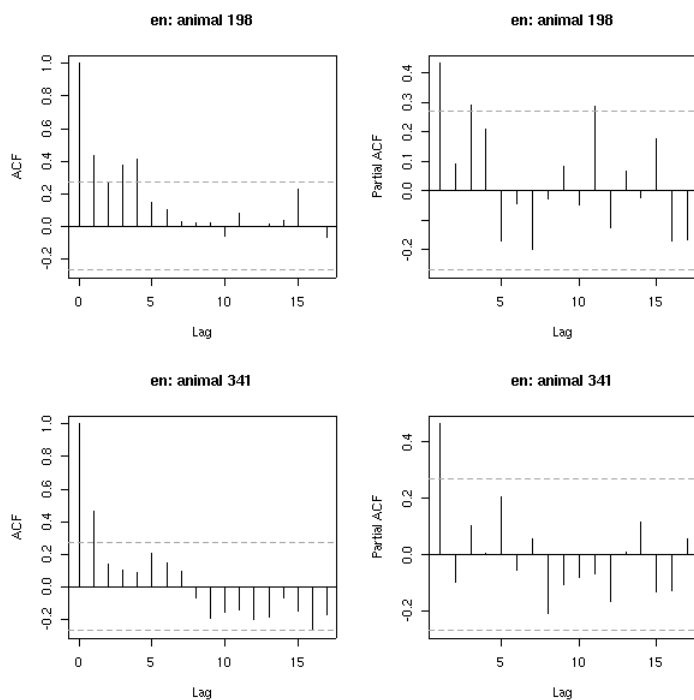


Figura D.10. Gráficos para análise dos resíduos do modelo AR(1) ajustado individualmente para cada animal, para a variável resposta Eosina-Nigrosina.

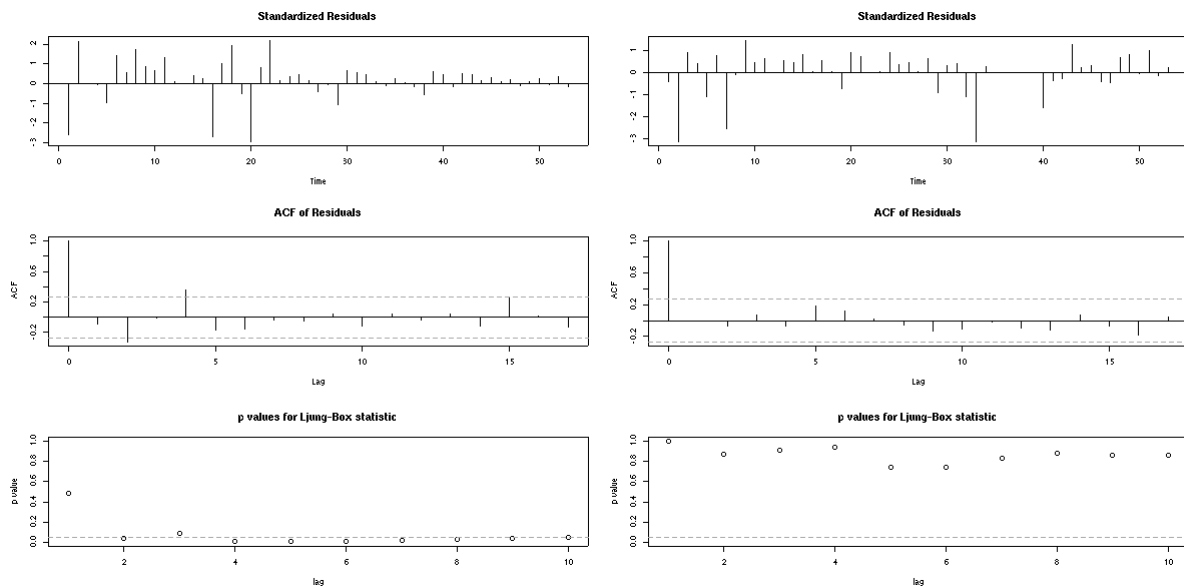


Figura D.11. Gráficos de autocorrelação e autocorrelação parcial para dois animais do grupo controle (375 e 401), para a variável resposta pH.

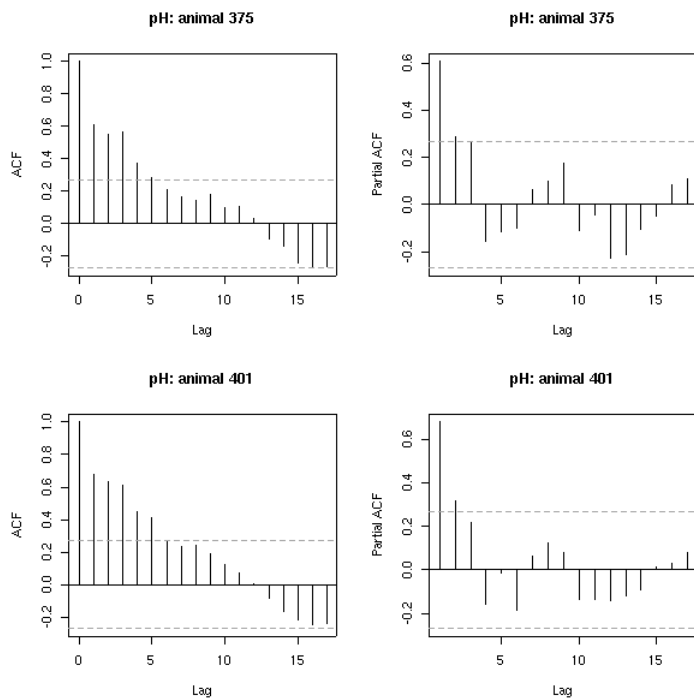
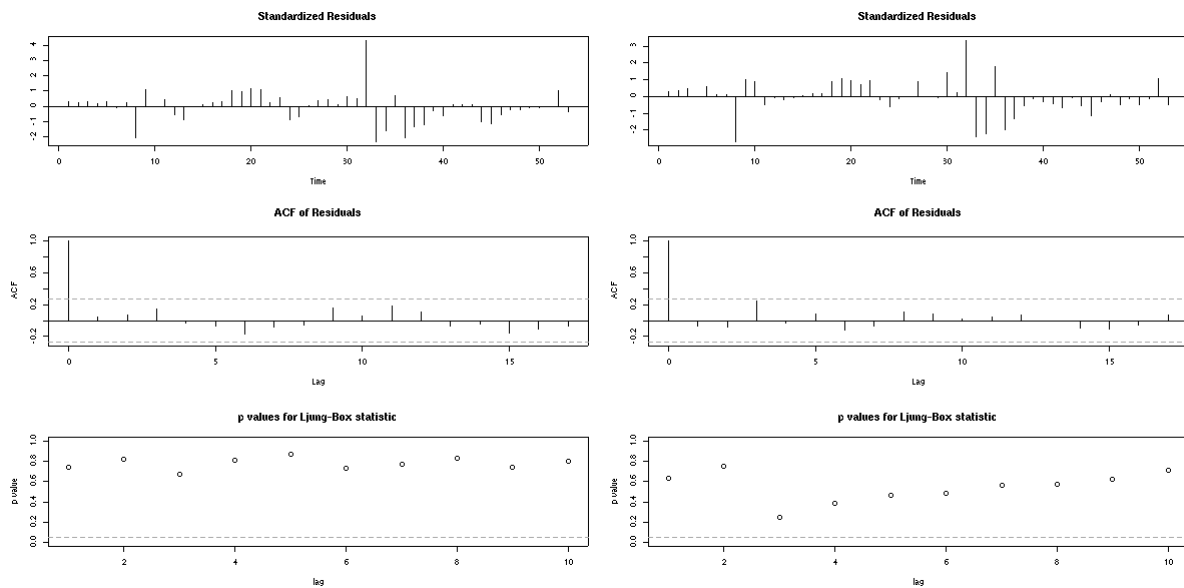


Figura D.12. Gráficos para análise dos resíduos do modelo AR(1) ajustado individualmente para cada animal, para a variável resposta pH.



**APÊNDICE E:**  
**TABELAS - MODELOS MISTOS**

Tabela E.1. Tabela de efeitos estimados para o modelo misto ajustado para a variável volume.

<b>Fatores</b>	<b>Estimativa</b>	<b>IC (95%)</b>	<b>p-valor</b>
Tratamento: Vitamina - Controle	-19,50	[-110,17;71,17]	0,633
Estação: Outono - Inverno	107,74	[91,63;123,85]	< 0,001
Estação: Primavera - Inverno	14,76	[-2,30;31,82]	0,090
Estação: Verão - Inverno	43,07	[24,50;61,64]	< 0,001
Temperatura: mesmo dia	1,45	[-0,13;3,04]	0,072
Temperatura: 7 dias atrás	-0,46	[-2,05;1,12]	0,565

Tabela E.2. Tabela de efeitos estimados para o modelo misto ajustado para a variável peso da fração gelatinosa.

<b>Fatores</b>	<b>Estimativa</b>	<b>IC (95%)</b>	<b>p-valor</b>
Tratamento: Vitamina - Controle	-13,00	[-29,28;3,28]	0,103
Estação: Outono - Inverno	15,11	[10,44;19,77]	< 0,001
Estação: Primavera - Inverno	-3,71	[-8,74;1,33]	0,149
Estação: Verão - Inverno	3,12	[-2,24;8,49]	0,254
Temperatura: mesmo dia	0,01	[-0,45;0,46]	0,980
Temperatura: 7 dias atrás	0,14	[-0,32;0,59]	0,558

Tabela E.3. Tabela de efeitos estimados para o modelo misto ajustado para a variável concentração de Neubauer (transformação logarítmica)

<b>Fatores</b>	<b>Estimativa</b>	<b>IC (95%)</b>	<b>p-valor</b>
Tratamento: Vitamina - Controle	0,17	[-0,38;0,73]	0,487
Estação: Outono - Inverno	0,84	[0,66;1,01]	< 0,001
Estação: Primavera - Inverno	0,80	[0,62;0,99]	< 0,001
Estação: Verão - Inverno	0,78	[0,58;0,98]	< 0,001
Temperatura: mesmo dia	0,00	[-0,01;0,02]	0,786
Temperatura: 7 dias atrás	-0,01	[-0,02;0,01]	0,386

Tabela E.4. Tabela de efeitos estimados para o modelo misto ajustado para a variável concentração total (transformação logarítmica).

<b>Fatores</b>	<b>Estimativa</b>	<b>IC (95%)</b>	<b>p-valor</b>
Tratamento: Vitamina - Controle	0,09	[-0,27;0,45]	0,582
Estação: Outono - Inverno	1,21	[1,04;1,38]	< 0,001
Estação: Primavera - Inverno	0,88	[0,69;1,06]	< 0,001
Estação: Verão - Inverno	0,95	[0,75;1,15]	< 0,001
Temperatura: mesmo dia	0,01	[-0,01;0,02]	0,373
Temperatura: 7 dias atrás	-0,01	[-0,03;0,01]	0,218

Tabela E.5. Tabela de efeitos estimados para o modelo misto ajustado para a variável motilidade.

Fatores	Estimativa	IC (95%)	p-valor
Tratamento: Vitamina - Controle	0,45	[-3,32;4,22]	0,787
Estação: Outono - Inverno	-7,74	[-9,39;-6,09]	< 0,001
Estação: Primavera - Inverno	-3,95	[-5,64;-2,26]	< 0,001
Estação: Verão - Inverno	-5,45	[-7,29;-3,62]	< 0,001
Temperatura: mesmo dia	-0,10	[-0,23;0,03]	0,137
Temperatura: 7 dias atrás	-0,20	[-0,33;-0,07]	0,003

Tabela E.6. Tabela de efeitos estimados para o modelo misto ajustado para a variável Eosina-Nigrosina (transformação logito).

Fatores	Estimativa	IC (95%)	p-valor
Tratamento: Vitamina - Controle	0,33	[-0,34;1,00]	0,288
Estação: Outono - Inverno	0,37	[0,08;0,67]	0,014
Estação: Primavera - Inverno	0,48	[0,17;0,79]	0,002
Estação: Verão - Inverno	-0,02	[-0,35;0,32]	0,920
Temperatura: mesmo dia	0,03	[0,01;0,06]	0,007
Temperatura: 7 dias atrás	0,03	[0,01;0,06]	0,007

Tabela E.7 Tabela de efeitos estimados para o modelo misto ajustado para a variável pH.

Fatores	Estimativa	IC (95%)	p-valor
Tratamento: Vitamina - Controle	-0,04	[-0,25;0,17]	0,653
Estação: Outono - Inverno	-0,86	[-1,09;-0,63]	< 0,001
Estação: Primavera - Inverno	0,42	[0,18;0,66]	0,001
Estação: Verão - Inverno	0,12	[-0,13;0,38]	0,345
Temperatura: mesmo dia	0,02	[0,00;0,04]	0,034
Temperatura: 7 dias atrás	-0,03	[-0,05;-0,01]	< 0,001

**APÊNDICE F:**  
**GRÁFICOS DE RESÍDUOS PARA OS MODELOS MISTOS**

Figura F.1. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para a variável resposta volume.

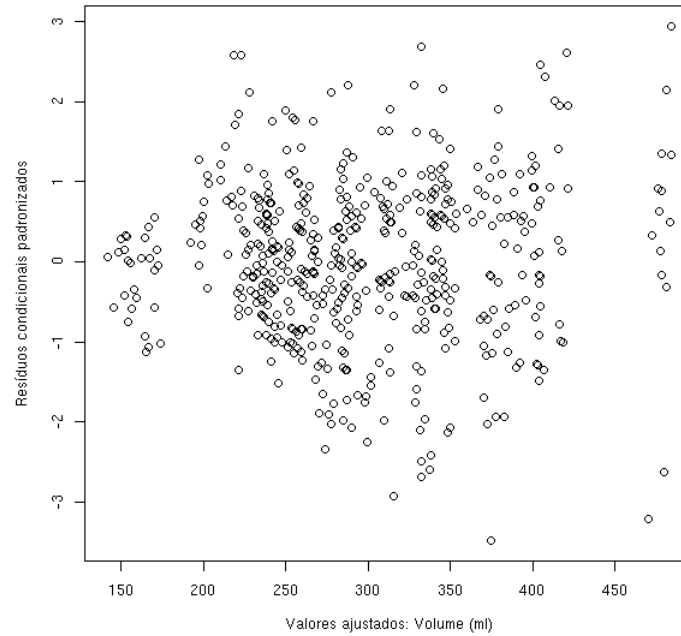
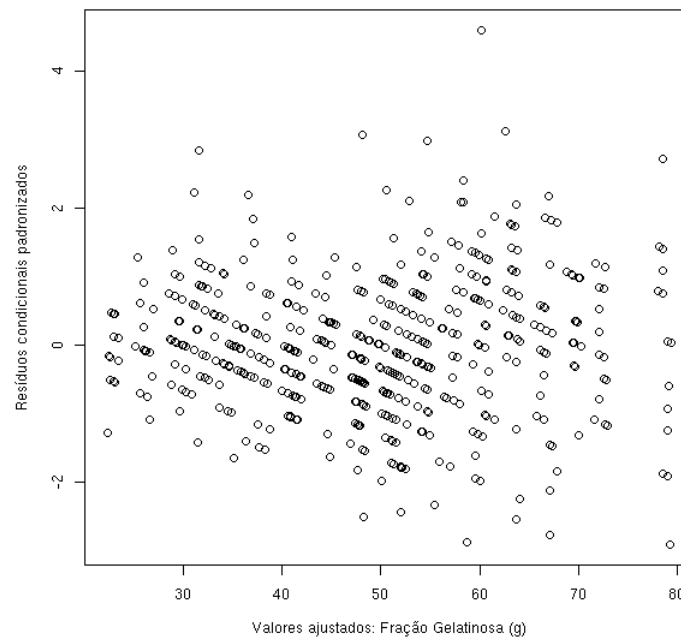
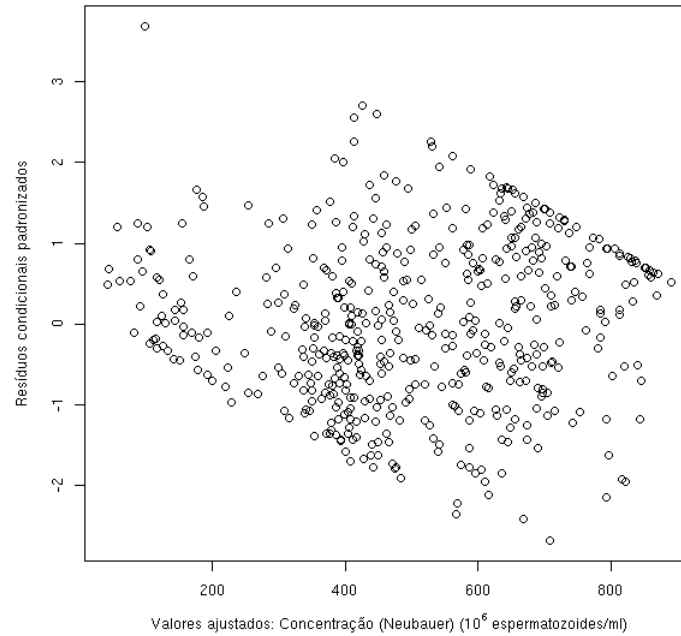


Figura F.2. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para a variável resposta peso da fração gelatinosa.



**Figura F.3. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para a variável resposta concentração de Neubauer.**



**Figura F.4. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para o logaritmo da variável resposta concentração de Neubauer.**

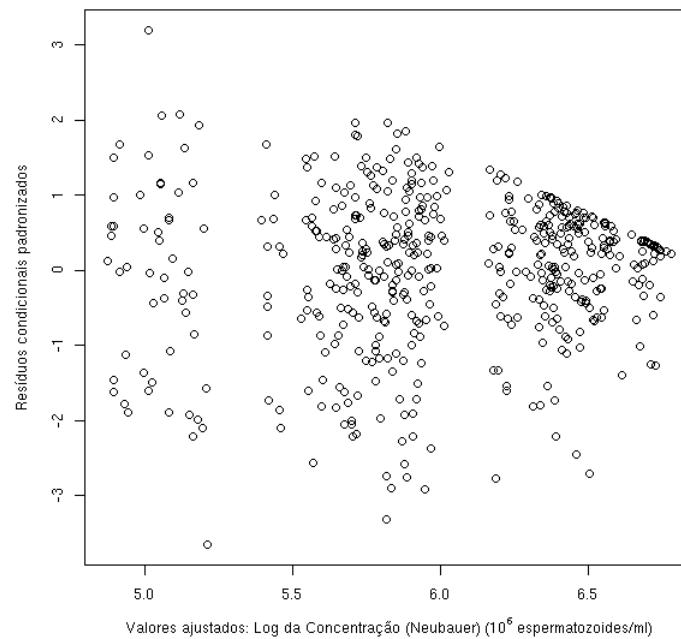


Figura F.5. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para a variável resposta concentração total.

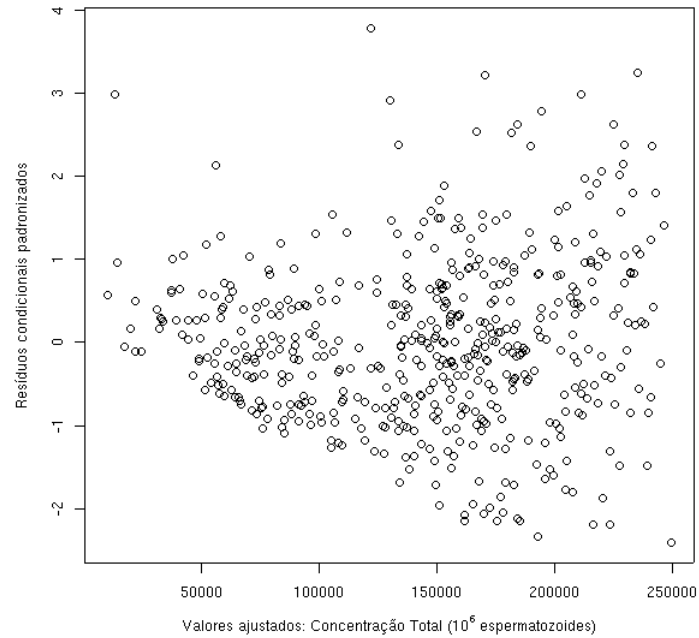


Figura F.6. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para o logaritmo da variável resposta concentração total.

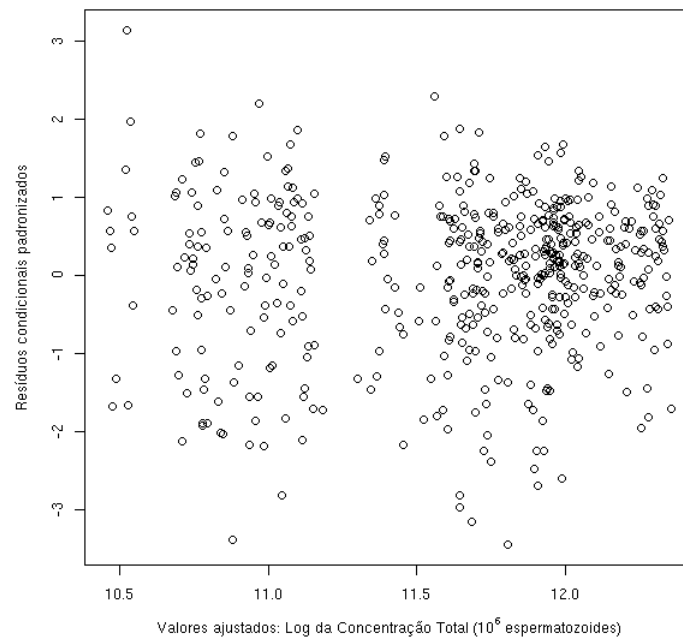


Figura F.7. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para a variável resposta motilidade.

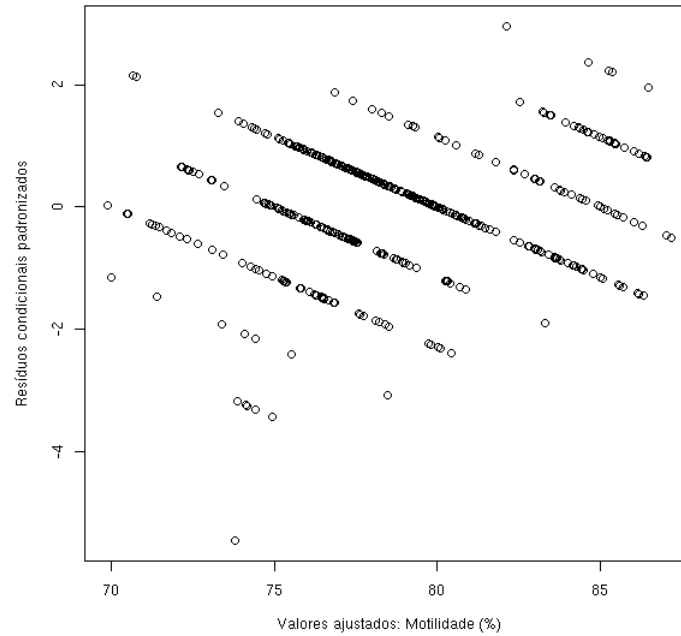


Figura F.8. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para a variável resposta Eosina-Nigrosina.

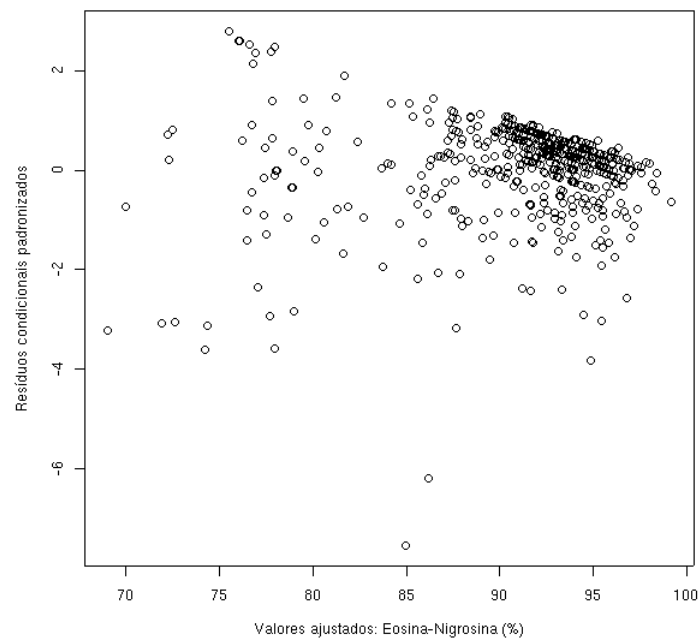


Figura F.9. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para o logito da variável resposta Eosina-Nigrosina.

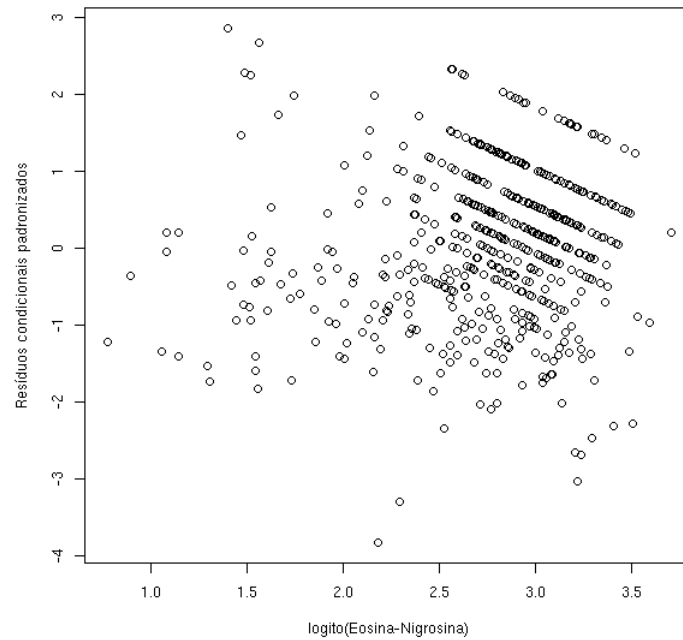


Figura F.10. Gráfico de resíduos condicionais por valores ajustados para a variável resposta pH.

