

RAE-CEA-97P29  
RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA  
SOBRE O PROJETO: INFLUÊNCIA DAS  
FASES LUNARES SOBRE CAPTURAS DE  
MARSUPIAIS E ROEDORES DA FLORESTA  
ATLÂNTICA.

Rinaldo Artes  
Patrícia Rosa

São Paulo, dezembro de 1997

**CENTRO DE ESTATÍSTICA APLICADA - CEA**  
**RELATÓRIO DE ANÁLISE ESTATÍSTICA - CÓDIGO 97P25**

**TÍTULO:** Relatório de análise estatística sobre o projeto: “Influência das fases lunares sobre capturas de marsupiais e roedores da Floresta Atlântica.”

**PESQUISADOR:** Júlio César Voltolini.

**INSTITUIÇÃO:** Instituto de Biociências - Departamento de Zoologia - USP.

**FINALIDADE:** Publicação.

**RESPONSÁVEIS PELA ANÁLISE:** Rinaldo Artes e Patrícia Rosa.

**REFERÊNCIA DESTE TRABALHO:** Artes, R.; Rosa P. **Relatório de análise estatística sobre o projeto: Influência das fases lunares sobre capturas de marsupiais e roedores da Floresta Atlântica.** São Paulo, IME-USP, 1997. 35p.

**FICHA TÉCNICA:**

**BIBLIOGRAFIA:**

(1) EVERITT B. S. (1994). **A handbook of statistical analyses using S-Plus.** London: Chapman and Hall. 143p.

(2) LEITE, J. G.; SINGER, J. M.; NÁTIS L.; ESTEVES L. G. (1995). **Relatório de análise estatística sobre o projeto: Biologia de uma comunidade de marsupiais e roedores, em Floresta Atlântica de montanha, no Parque Estadual de Serra do Tabuleiro, Santa Catarina, Brasil: avaliação para o período de abril de 1991 a abril de 1994.** São Paulo, IME-USP. 41p. (RAE-CEA-95P05).

(3) McCULLAGH, P. and NELDER, J. A. (1983). **Generalized linear models.** 2.ed. London: Chapman and Hall. 261p.

(4) NETER , J., WASSERMAN, W. and KUTNER, M. H. (1985). **Applied linear statistical models: regression, analysis of variance and experimental designs**. 2.ed. Homewood: Richard D. Irwing. 1127p.

#### **PROGRAMAS COMPUTACIONAIS UTILIZADOS:**

EXCEL for Windows (versão 5.0);

MINITAB for Windows (versão 10.1);

WORD for Windows (versão 6.0);

SAS for Windows (versão 6.08);

S-Plus for Windows (versão 3.2);

#### **TÉCNICAS ESTATÍSTICAS UTILIZADAS:**

[Entre parênteses encontra-se a Classificação “Statistical Theory & Methods Abstracts (ISI)”].

Análise Descritiva Unidimensional (03:010)

Análise de Variância com efeitos fixos (08:010)

Análise de Variância utilizando modelo de Quase-Verossimilhança (08:990)

**ÁREA DE APLICAÇÃO:** Ciência do Ambiente e Ecologia (14:070).

## ÍNDICE

RESUMO.....	5
1. INTRODUÇÃO .....	6
2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO .....	6
3. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS .....	7
4. ANÁLISE DESCRITIVA.....	8
5. ANÁLISE INFERENCIAL .....	16
5.1. FASES DA LUA .....	17
5.2. ESTAÇÕES DO ANO .....	20
5.3. FASES DA LUA X ESTAÇÃO DO ANO .....	21
5.4. OBSERVAÇÕES GERAIS .....	22
6. CONCLUSÃO.....	22
APÊNDICE A.....	24
APÊNDICE B .....	27
APÊNDICE C .....	32

## RESUMO

O estudo analisado neste trabalho tem como objetivo relacionar as fases da lua com as frequências de capturas de uma comunidade de marsupiais. Foram utilizados nas análises modelos de Quase-Verossimilhança para comparar o número médio de capturas por dia nas diferentes fases da lua. Foi considerado também o fator estação do ano, pois constatou-se que esse fator altera os valores da variável em questão. Devido ao desbalanceamento encontrado quando esses fatores são considerados conjuntamente, foram ajustados modelos utilizando cada fator separadamente, e posteriormente, os dois fatores num mesmo modelo.

Nas comparações das médias em relação às fases da lua foram encontradas diferenças. Observa-se que a fase de lua Crescente apresentou menor número de capturas nos períodos de 1991-1992 e 1992-1993. Na análise que considera somente a estação do ano constatou-se que as médias de capturas no inverno foram maiores que as de estações de não inverno, exceto para o período de 1992-1993. Para os modelos utilizando os dois fatores foram detectadas diferenças de médias em apenas um dos anos de estudo. Nesse caso a fase de lua Crescente apresentou número médio de capturas diárias menor.

Observa-se porém que devido ao desbalanceamento essas comparações devem ser tomadas para fins indicativos de possíveis efeitos a serem estudados em futuras pesquisas.

## **1. INTRODUÇÃO**

Estudos ecológicos e pesquisas com pequenos mamíferos são, em muitos casos, baseados em técnicas de captura. Devido à dificuldade de controle, as condições ambientais raramente são consideradas no planejamento de estudos que utilizam este tipo de técnica. No entanto, vários fatores físicos como temperatura, pressão atmosférica, pluviosidade, vento e fases lunares podem influenciar a atividade desses animais.

Segundo o pesquisador, alguns estudos sugerem que o número de capturas desse tipo de animal é menor em noites enluaradas, bem como em noites de chuva forte. Uma possível explicação para este padrão é que pequenos mamíferos evitam períodos de lua cheia a fim de reduzir a susceptibilidade à predação, uma vez que neste período a luz é mais intensa e os animais podem ser vistos mais facilmente.

O estudo descrito a seguir tem como objetivo relacionar as freqüências de capturas de uma comunidade de marsupiais e roedores da Floresta Atlântica com as fases lunares.

## **2. DESCRIÇÃO DO ESTUDO**

A coleta de dados foi realizada no Parque Estadual da Serra do Tabuleiro (P.E.S.T.) em Santa Catarina, no período de abril de 1991 a abril de 1994. O parque possui uma grande diversidade de vegetação, um clima tropical úmido e altitudes que variam do nível do mar a 1260 metros.

Após a definição do sítio a ser estudado foi instalado na área um transecto de 220 metros de extensão, passando por um vale úmido e subindo até o alto de uma encosta, abrangendo diferentes tipos de vegetação. Foram instaladas 22 estações de amostragem, separadas a cada 10 metros. Cada estação possuía 4 armadilhas, duas no chão e duas colocadas em árvores (uma a aproximadamente 2 metros do solo e a outra a aproximadamente 10 metros de altura), totalizando 88 armadilhas ao longo do transecto. As amostragens foram efetuadas em 5 noites consecutivas por mês, durante 36 meses. Como isca utilizou-se pedaços de

bananas que eram substituídos a cada manhã, durante a revisão das armadilhas. Para cada animal capturado eram anotadas as variáveis de interesse. O animal era marcado e então liberado.

Parte desses dados foi analisada em Leite et al (1995).

### 3. DESCRIÇÃO DAS VARIÁVEIS

Para cada animal capturado o pesquisador forneceu as seguintes variáveis:

- **Espécie:** identificação da espécie do animal capturado, numerada de 1 a 17 conforme descrito abaixo:

1	<i>Marmosa cinerea</i>
2	<i>Marmosa sp.</i>
3	<i>Philander opossum</i>
4	<i>Akodon montesis</i>
5	<i>Akodon nigrita</i>
6	<i>Delomys sublineatus</i>
7	<i>Oryzomys nigripes</i>
8	<i>Oryzomys nitidus</i>
9	<i>Oryzomys ratticeps</i>
10	<i>Oryzomys sp.</i>
11	<i>Oxymycterus aff. hispidus</i>
12	<i>Oxymycterus hieringi</i>
13	<i>Thomasomys pictipes</i>
14	<i>Echimys aff dasythrix</i>
15	<i>Rhipidomys sp.</i>
16	<i>Monodelphis americana</i>
17	<i>Nectomy squamipes</i>

Obs: Para uma das capturas não foi possível a identificação da espécie.

- **Data da captura:** dia, mês e ano em que ocorreu a captura.
- **Recaptura:** primeira captura(N) ou recaptura(S).

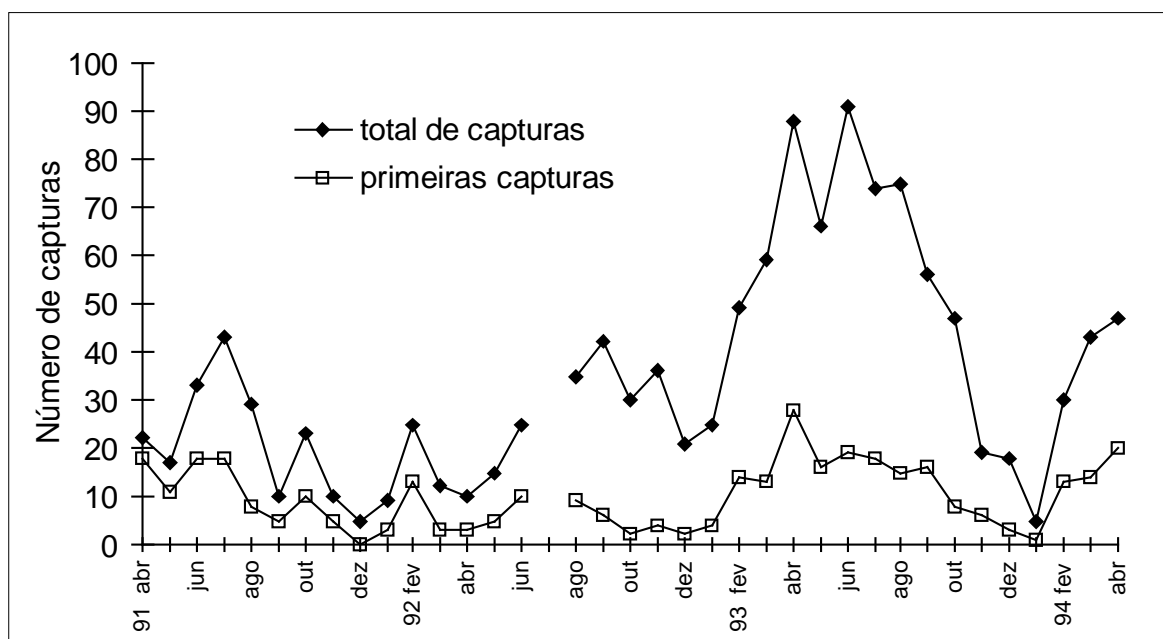
- **Fase da lua:** fase da lua na noite da captura (*Nova* - N, *Crescente* - C, *Cheia* - H e *Minguante* - M).
- **Chuva:** ocorrência (S) ou não (N) de chuva na data da captura. Para alguns dias esta variável não foi coletada .
- **Estrato:** estrato onde o animal foi capturado. Os três tipos de estrato são:
  - ◊ *Terrestre* (T) - capturas realizadas nas armadilhas colocadas no solo;
  - ◊ *Sub-bosque* (S) - capturas realizadas nas armadilhas colocadas a 2m de altura;
  - ◊ *Dossei* (D) - capturas realizadas nas armadilhas colocadas a 10 m de altura.
- **Predação:** Ocorrência (S) ou não (N) de predação do animal capturado.  
 O pesquisador forneceu ainda a **pluviosidade média mensal** (em mm) na região para alguns dos meses estudados.

#### 4. ANÁLISE DESCRITIVA

Nos 180 dias de trabalho de campo obteve-se 1244 capturas de 361 animais distintos (primeiras capturas). O Gráfico 4.1. e as Tabelas A.1. e A.2 (Apêndice A) apresentam a distribuição destas capturas ao longo dos meses de pesquisa.

**Gráfico 4.1.** Número de capturas e primeiras capturas por mês.





Através deste gráfico observa-se que, para cada ano, houve um maior número de capturas nos meses de inverno (junho a agosto). Percebe-se também que o ano de 1993 apresentou um número maior de capturas quando comparado com os outros anos de estudo.

A Tabela 4.1. apresenta a distribuição do número de capturas por espécie.

**Tabela 4.1.** Número de capturas por espécie.

Espécies	Total de capturas	Primeiras capturas
<i>Akodon montensis</i>	635	114
<i>Marmosa cinerea</i>	159	41
<i>Oryzomys nitidus</i>	156	60
<i>Delomys sublineatus</i>	92	36
<i>Oxymycterus hieringi</i>	81	34
<i>Akodon nigrita</i>	75	41
<i>Oryzomys ratticeps</i>	13	7
<i>Thomasomys pictipes</i>	7	7
<i>Oxymycterus aff. hispidus</i>	6	5
<i>Nectomy squamipes</i>	6	3
<i>Oryzomys nigripes</i>	5	4
<i>Marmosa sp.</i>	2	2
<i>Philander opossum</i>	2	2
<i>Echimys aff. dasythrix</i>	2	2
<i>Oryzomys sp.</i>	1	1
<i>Rhipidomys sp.</i>	1	1
Não identificada	1	1

Total	1244	361
-------	------	-----

Nota-se na tabela anterior a predominância (tanto em número total de capturas como no número de primeiras capturas) da espécie *Akodon montensis*, pertencente ao grupo dos roedores. Considerando o grupo dos marsupiais encontra-se a espécie *Marmosa cinerea* como mais abundante.

A Tabela 4.2 apresenta o número de capturas por estrato. Percebe-se nesta tabela que a maior parte das capturas (87%) ocorreu em armadilhas do estrato *Terrestre*. Destaca-se também que a espécie *Marmosa cinerea* apresenta maior número de capturas nos estratos *Sub-bosque* e *Dossel*.

**Tabela 4.2.** Número de capturas por espécie e estrato.

Espécies	Estrato		
	Terrestre	Sub-bosque	Dossel
<i>Akodon montensis</i>	635	-	-
<i>Marmosa cinerea</i>	12	100	47
<i>Oryzomys nitidus</i>	156	-	-
<i>Delomys sublineatus</i>	92	-	-
<i>Oxymycterus hieringi</i>	81	-	-
<i>Akodon nigrita</i>	75	-	-
<i>Oryzomys ratticeps</i>	13	1	1
<i>Thomasomys pictipes</i>	0	6	1
<i>Oxymycterus aff. hispidus</i>	6	-	-
<i>Nectomys squamipes</i>	6	-	-
<i>Oryzomys nigripes</i>	5	-	-
<i>Marmosa sp.</i>	-	2	-
<i>Philander opossum</i>	2	-	-
<i>Echimys aff. dasythrix</i>	-	1	1
<i>Oryzomys sp.</i>	1	-	-
<i>Rhipidomys sp.</i>	-	1	-
Total	1082	111	50

Para a variável *Ocorrência de predação* foi construída a Tabela 4.3., que mostra a frequência de predação encontrada na amostra. Devido ao pequeno número de predações de animais na armadilha esta variável não foi considerada nas análises inferenciais.

**Tabela 4.3.** Frequência de ocorrência de predação.

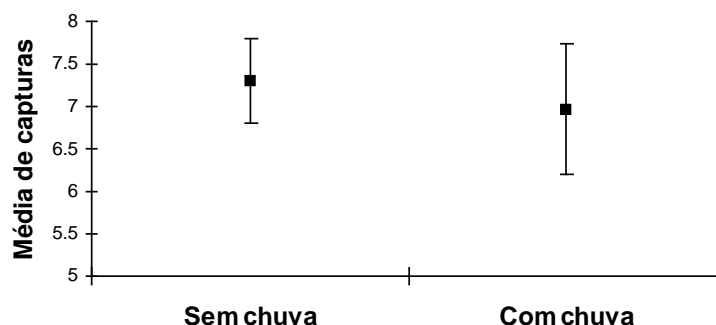
Predação	Frequência
Sim	5
Não	356

A Tabela 4.4 e o Gráfico 4.2 mostram as médias de capturas para dias com e sem precipitação. O gráfico indica que possivelmente não deve haver diferenças significativas entre as médias nos dois casos. É importante lembrar que para 61 dias não se tem informação sobre ocorrência de chuva.

**Tabela 4.4.** Médias e erros padrão do número de captura/dia por precipitação.

precipitação	número de dias	média $\pm$ erro padrão
Com chuva	39	6.97 $\pm$ 0.77

**Gráfico 4.2.** Médias (com respectivos erros padrão) de capturas diárias de acordo com ocorrência de chuva.



Dos 180 dias de amostragem, em 7 não houve capturas. A Tabela 4.5. fornece a distribuição dos dias e capturas por fase da lua, além da média de capturas por dia para cada fase.

**Tabela 4.5.** Média e erros padrão do número de capturas diárias.

Fase da lua	Número de dias	Primeiras capturas	Total de capturas	primeiras capturas	total de capturas
Nova	58	132	477	$2.28 \pm 0.30$	$8.22 \pm 0.74$
Crescente	51	99	385	$1.94 \pm 0.29$	$7.55 \pm 0.82$
Cheia	18	47	100	$2.61 \pm 0.49$	$5.56 \pm 1.04$
Minguante	46	83	282	$1.80 \pm 0.24$	$6.13 \pm 0.46$

Nota-se na tabela acima que para cada fase da lua obteve-se tamanhos de amostras diferentes e que a fase de lua Cheia apresentou o menor número de dias amostrados (18) e, conseqüentemente, menor número de capturas. Na análise das médias amostrais observa-se também que esta fase apresenta menor média diária no total de capturas e maior média no que se refere às primeiras capturas. Quanto às outras fases de lua pode-se perceber a mesma falta de padrão entre primeiras capturas e total de capturas. Este resultado pode se dever ao fato de que outras variáveis (como ano de coleta e ocorrência de chuva) podem estar influenciando o número de capturas.

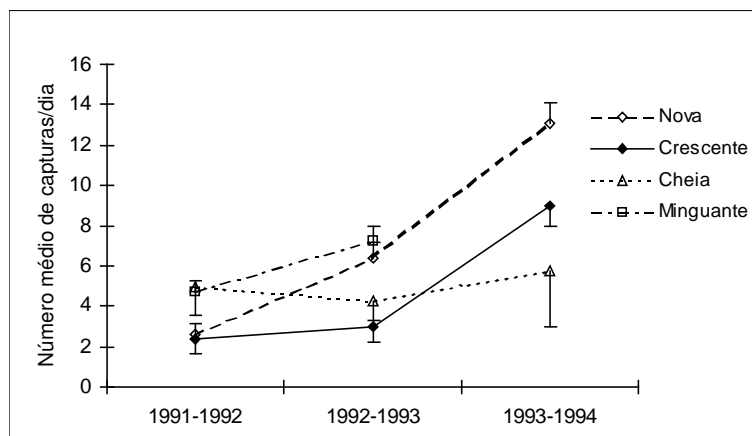
Outro fator que deve ser considerado na análise é a estação do ano pois, segundo o pesquisador, a luminosidade é menor no inverno. Considerou-se os meses de junho, julho e agosto para essa estação de baixa luminosidade (**Inverno**) e os meses restantes foram considerados como **Não Inverno**.

Para averiguar esses possíveis efeitos primeiramente foram construídos a Tabela 4.6 e o Gráfico 4.3. O gráfico sugere a existência de diferenças entre as médias quanto à fase da lua para os períodos de 1992-1993 e 1993-1994. No entanto, não parece haver um padrão constante do número médio de capturas para as diferentes fase da Lua nos períodos considerados. Note que o esperado é que as fases da lua que apresentam maior luminosidade (fases Crescente e Cheia) apresentem menor número de capturas.

**Tabela 4.6.** Número médio de capturas/dia segundo fase da lua e período de coleta.

<b>Período</b>	<b>Fases da lua</b>	<b>média <math>\pm</math> erro padrão</b>	<b>N</b>
<b>1991-1992</b>	<b>Nova</b>	2.58 $\pm$ 0.58	12
	<b>Crescente</b>	2.40 $\pm$ 0.73	10
	<b>Cheia</b>	5.00 $\pm$ 1.45	12
	<b>Minguante</b>	4.73 $\pm$ 0.56	26
<b>1992-1993</b>	<b>Nova</b>	6.36 $\pm$ 0.78	25
	<b>Crescente</b>	3.00 $\pm$ 0.82	4
	<b>Cheia</b>	4.25 $\pm$ 0.95	4
	<b>Minguante</b>	7.23 $\pm$ 0.72	22
<b>1993-1994</b>	<b>Nova</b>	13.05 $\pm$ 1.04	22
	<b>Crescente</b>	8.95 $\pm$ 0.95	39
	<b>Cheia</b>	5.75 $\pm$ 2.78	4
	<b>Minguante</b>	*	*

**Gráfico 4.3.** Número médio de capturas/dia (com respectivos erros padrão) segundo a fase da lua e o período de coleta.

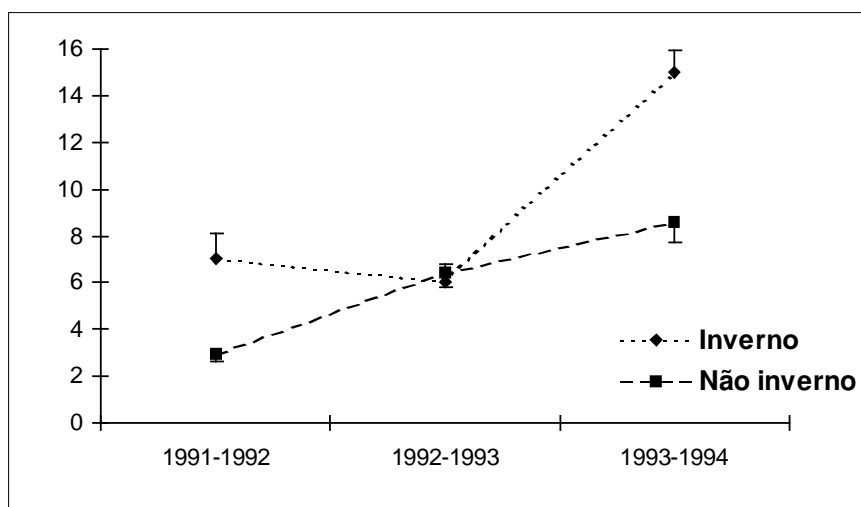


Apresentamos também as médias do total de capturas por estação do ano e período de coleta de dados (Tabela 4.7. e Gráfico 4.4.). Neste gráfico nota-se que para os períodos de 1991-1992 e 1993-1994 as médias de captura nos meses de inverno são superiores àsquelas observadas nos outros meses. No período de 1992-1993 essa diferença parece não existir.

**Tabela 4.7.** Número médio de capturas/dia segundo estação do ano e período de coleta.

Ano	Estação do ano	Média $\pm$ erro padrão	N
1991-1992	Inverno	$7.00 \pm 1.13$	15
	Não inverno	$2.96 \pm 0.32$	45
1992-1993	Inverno	$6.00 \pm 0.84$	10
	Não inverno	$6.38 \pm 0.57$	45
1993-1994	Inverno	$15.00 \pm 0.89$	16
	Não inverno	$8.56 \pm 0.81$	49

**Gráfico 4.4.** Número médio de capturas/dia (com respectivos erros padrão), segundo estação do ano e período de coleta.



A Tabela 4.8 apresentada a seguir contém as médias para o total de capturas segundo a fase da lua e a estação do ano para cada período considerado. O número de caselas vazias (cruzamentos entres fatores onde não foram feitas observações) dificulta a interpretação dos resultados dessa Tabela.

**Tabela 4.8.** Médias e erros padrão para o número total de capturas.

<b>período</b>	<b>estação</b>	<b>fase da lua</b>	<b>média ± erro padrão</b>	<b>N</b>
<b>1991-1992</b>	<b>Inverno</b>	<b>Nova</b>	*	*
		<b>Crescente</b>	*	*
		<b>Cheia</b>	14.00 ± 5.00	2
		<b>Minguante</b>	5.92 ± 0.81	13
	<b>Não Inverno</b>	<b>Nova</b>	2.58 ± 0.58	12
		<b>Crescente</b>	2.40 ± 0.73	10
		<b>Cheia</b>	3.20 ± 0.61	10
		<b>Minguante</b>	3.54 ± 0.64	13
<b>1992-1993</b>	<b>Inverno</b>	<b>Nova</b>	*	*
		<b>Crescente</b>	*	*
		<b>Cheia</b>	4.25 ± 0.95	4
		<b>Minguante</b>	7.17 ± 1.05	6
	<b>Não Inverno</b>	<b>Nova</b>	6.36 ± 0.78	25
		<b>Crescente</b>	3.00 ± 0.82	4
		<b>Cheia</b>	*	*
		<b>Minguante</b>	7.25 ± 0.93	16
<b>1993-1994</b>	<b>Inverno</b>	<b>Nova</b>	14.67 ± 1.39	9
		<b>Crescente</b>	15.43 ± 1.09	7
		<b>Cheia</b>	*	*
		<b>Minguante</b>	*	*
	<b>Não Inverno</b>	<b>Nova</b>	11.92 ± 1.43	13
		<b>Crescente</b>	7.53 ± 0.97	32
		<b>Cheia</b>	5.75 ± 2.78	4
		<b>Minguante</b>	*	*

## 5. ANÁLISE INFERENCIAL

Para analisar a influência das fases lunares no número médio de capturas diárias dos animais estudados foram utilizados modelos de Quase-Verossimilhança (ver McCullagh e Nelder, 1983). Esses modelos exigem que se faça suposições sobre o comportamento da média e da variância do número de capturas diárias mas não exige o exato conhecimento de sua função de distribuição.

Aplicamos também a técnica de Análise de Variância usual - ANOVA - (ver Neter et al., 1985), utilizando a transformação raiz quadrada do número de capturas diárias, a fim de minimizar os efeitos da violação da suposição de homocedasticidade do modelo. Os resultados obtidos a partir dessa técnica são apresentados no Apêndice C, uma vez que seus ajustes (verificado através de



análises de resíduos) se mostraram inferiores àqueles obtidos através do modelo de Quase-Verossimilhança.

Como a análise descritiva aponta diferenças entre os números de capturas nas diferentes estações do ano este fator também foi considerado. Utilizamos ainda o fator *Ano de coleta* pois a análise descritiva evidenciou que 1993 foi um ano atípico, apresentando um maior número de capturas. Desse modo, os fatores *Fase da lua* (Nova, Crescente, Cheia e Minguante) e *Estação do ano* (Inverno e Não inverno) foram considerados hierárquicos em *Ano de coleta* (1991-1992, 1992-1993, 1993-1994).

Nota-se, porém, que considerando todos estes fatores a análise é dificultada pelo desbalanceamento, em relação às combinações de fases lunares e anos de coleta (ver Tabela 4.8). Desse modo, analisou-se, primeiramente, os fatores *Fase da lua* e *Estação do ano* isoladamente e posteriormente considerou-se um modelo conjunto. Esses modelos são descritos nas seções seguintes.

### 5.1. Fases da Lua

Comparou-se o número médio de capturas/dia nas diferentes fases da lua, para cada ano de coleta considerado. É importante ressaltar que, para o período de 1993-1994, não se obteve amostras na fase de lua Minguante e portanto, a comparação compreendeu somente as fases de lua Nova, Crescente e Cheia.

Aplicamos um modelo de Quase-Verossimilhança com função de ligação raiz quadrada (ver detalhes no Apêndice B, *Modelo 1*) e  $\text{Var}(Y) = \phi\mu^2$ , onde  $Y$  denota o número de capturas por dia,  $\mu$  a média de capturas por dia e  $\phi$  é um parâmetro de escala. O desvio residual (42.66 com 169 gl) não indica problemas no ajuste do modelo. Os níveis descritivos para as comparações entre as médias, para cada período, encontram-se na Tabela 5.1.1.

**Tabela 5.1.1.** Níveis descritivos para as comparações entre as médias de capturas/dia para as diferentes fases da lua.

Ano	Nível descritivo
1991-1992	0.0021
1992-1993	0.0246
1993-1994	0.0208

Os resultados dos testes evidenciaram diferenças entre as médias de captura/dia para as diferentes fases da lua em todos os anos de coleta. As comparações de médias duas a duas, dentro de um mesmo período, foram realizadas e os níveis descritivos para esses testes encontram-se na Tabela 5.1.2.

**Tabela 5.1.2.** Níveis descritivos para os testes de comparação entre as médias de captura/dia nas diferentes fases da lua e nos diferentes anos de coleta.

Período	Fases da lua comparadas		Nível descritivo
1991-1992	Nova	Crescente	0.7934
	Nova	Cheia	0.0170
	Nova	Minguante	0.0067*
	Crescente	Cheia	0.0098
	Crescente	Minguante	0.0033*
	Cheia	Minguante	0.8101
1992-1993	Nova	Crescente	0.0175
	Nova	Cheia	0.2235
	Nova	Minguante	0.5076
	Crescente	Cheia	0.4560
	Crescente	Minguante	0.0050*
	Cheia	Minguante	0.1055
1993-1994	Nova	Cheia	0.0194
	Nova	Crescente	0.0103
	Crescente	Cheia	0.1615

\* Testes significativos a um nível de significância global de 10%, segundo a técnica de Bonferroni.

As conclusões para as comparações indicadas na tabela anterior são mais facilmente compreendidas se observarmos o Gráfico 4.3. Comparando os níveis descritivos de cada teste com um nível de significância de 0.05, as conclusões são as seguintes:

- Para o período de 1991-1992, as médias de captura/dia foram iguais para as fases de lua Nova e Crescente ( $p=0.7935$ ) e para as fases de Cheia e Minguante ( $p=0.8101$ ). As outras comparações resultaram em diferenças entre as médias de capturas/dia. Consultando a Tabela 4.6., constatamos que as fases de lua Nova e Crescente apresentaram médias de captura/dia menores que as fases de lua Cheia e Minguante;

- No período de 1992-1993, as médias de capturas/dia foram consideradas diferentes para as fases de lua Nova e Crescente ( $p=0.0175$ ) e para as fases de lua Minguante e Crescente ( $p=0.0050$ ). As demais diferenças não foram significativas. A fase de lua Crescente apresentou uma média de capturas diárias menor que as fases de lua Nova e Minguante;

- Para os anos de 1993-1994, a fase da lua Nova apresentou média de captura/dia diferente das fases Crescente e Cheia ( $p=0.0194$  e  $p=0.0103$ , respectivamente). O número médio de captura por dia para a fase Nova é maior que os das outras fases comparadas.

Como o número de testes efetuados é muito elevado utilizamos comparações múltiplas através do método de Bonferroni, a fim de assegurar um nível de significância global de 10% (nível de significância de 0.007 para cada teste). Adotando isso, temos as seguintes indicações:

- No período de coleta de 1991-1992 detectou-se a desigualdade das médias de captura/dia para as fases de lua Nova e Minguante ( $p=0.0067$ ) e para as fases de lua Crescente e Minguante ( $p=0.0033$ ). As demais comparações não se mostraram significativas;

- Para o período de 1992-1993 foi detectada diferença entre as médias de captura/dia para as fases de lua Crescente e Minguante ( $p=0.0050$ ).

- Para o período de 1993-1994 não foi detectada nenhuma diferença significativa.

Apesar dessas conclusões serem apenas indicativas, devido ao fato de não estarmos considerando nesta análise outros fatores que podem estar influenciando o número de capturas, podemos perceber que a fase de lua crescente mostrou-se em todos os períodos, com um número de capturas médio menor que as outras fases da lua.

## 5.2. Estações do ano

Nessa análise os números médios de capturas diárias foram comparados em relação ao fator *Estação do ano* (Inverno e Não inverno), hierárquico em *Ano de coleta* (1991-1992, 1992-1993, 1993-1994). No modelo de Quase-Verossimilhança aplicado utilizou-se a função de ligação raiz quadrada e considerou-se a variância do número de capturas proporcional ao quadrado da média ( ver Apêndice B, *Modelo 2*).

Após o ajuste do modelo foram conduzidos testes para a comparação entre as médias de capturas nas diferentes estações do ano, para cada ano de coleta. O desvio residual (43.30 com 174 gl) não indica problemas quanto ao ajuste do modelo. Os níveis descritivos dos testes de comparação de médias encontram-se na Tabela 5.2.1.

**Tabela 5.2.1.** Níveis descritivos para as comparações entre as médias de capturas/dia para as diferentes estações do ano, em cada ano de coleta.

Ano	Nível descritivo
1991-1992	0.0001
1992-1993	0.7788
1993-1994	0.0109

Obteve-se igualdade do número médio de capturas diárias nas estações consideradas somente para o período e 1992-1993 ( $p=0.7788$ ). Para os outros

períodos a estação de inverno mostrou médias de capturas significativamente maiores que as das estações de não inverno.

### 5.3. Fases da lua X Estação do ano

As análises apresentadas nesta seção são baseadas em um modelo que utiliza conjuntamente os dois fatores estudados anteriormente, além do *Ano de coleta*. A *Fase da lua* foi considerada hierárquica em *Estação do ano* e *Ano de coleta*. Desse modo, comparou-se as médias de capturas em diferentes fases da lua, em cada combinação de ano de coleta e estação do ano. Note que devido ao desbalanceamento essas comparações foram feitas somente entre as médias de capturas para as fases da lua disponíveis.

O modelo de Quase-Verossimilhança utilizado é apresentado no Apêndice B (*Modelo 3*). O desvio residual (36.24 com 164 gl) não indica problemas quanto ao ajuste do modelo. Os níveis descritivos das comparações entre as médias de capturas para as diferentes *Fases da lua*, em cada *Estação do ano* e *Ano de coleta* são apresentados na Tabela 5.3.1.

**Tabela 5.3.1.** Níveis descritivos para os testes de comparação de médias de capturas para as diferentes fases da lua.

Ano	Estação	Fases da lua comparadas	Nível descritivo
1991-1992	Inverno	Cheia, Minguante	0.1275
	Não inverno	Nova, Crescente, Cheia, Minguante	0.4196
1992-1993	Inverno	Cheia, Minguante	0.1924
	não inverno	Nova, Crescente, Minguante	0.0146
1993-1994	Inverno	Nova, Crescente	0.9999
	Não inverno	Nova, Crescente, Cheia	0.0655

Pela Tabela anterior e adotando um nível de significância de 0.05, nota-se que as diferenças encontradas no número médio de capturas/dia correspondem ao período de Não inverno de 1992-1993, onde as médias comparadas referem-se às

fases de lua Nova, Crescente e Minguante. As capturas foram consideradas, em média, iguais para as fases de lua Nova e Minguante ( $p=0.518$ ) e diferentes da fase Crescente ( $p=0.012$  e  $0.005$ , respectivamente). Neste caso o número médio de capturas para a fase de lua Crescente é menor.

#### 5.4. Observações Gerais

Nota-se que tanto as fases da lua como as estações do ano com diferentes intensidades de luz apresentaram indícios de diferenças entre as médias de capturas diárias. Com a inclusão do fator *Estação do ano* na análise, algumas comparações de médias não se apresentaram mais significativas. Além disso, comparando-se esses resultados com aqueles obtidos a partir da Análise de Variância, as conclusões não se apresentaram consistentes. Esse fato deve-se, possivelmente, ao forte desbalanceamento apresentado quando os dois fatores são incluídos conjuntamente no modelo (ver Tabela 4.8). Essas considerações dão às análises apresentadas um caráter mais indicativo do que conclusivo, justificando um estudo mais aprofundado com planejamento amostral que considere os dois fatores.

### 6. CONCLUSÃO

As comparações entre as médias de capturas/dia para diferentes fases da lua foram realizadas considerando também outros dois fatores (*Estação do ano* e *Ano de coleta*) que poderiam influenciar no número de capturas dos animais estudados.

Devido ao desbalanceamento apresentado no estudo ajustou-se inicialmente modelos separados utilizando *Estação do ano* e *Fase da lua*. Nos testes de hipóteses adotando esses modelos há indícios de efeitos de ambos os fatores. No que se refere às estações do ano, em dois dos períodos considerados, a estação *Inverno* apresentou médias de capturas maiores que a estação *Não inverno*. Sobre as fases lunares, observamos que a fase de lua *Crescente* mostrou, de um modo geral, número médio de capturas menor que as outras fases analisadas.

Nos ajustes dos modelos que consideram os dois fatores conjuntamente foram detectadas diferenças entre as médias para diferentes fases da Lua, somente para o período 1992-1993. Neste caso a média de capturas da fase de lua *Crescente* também se mostrou menor que as das outras fases consideradas na comparação.

Observamos porém que essas comparações devem ser tomadas para fins indicativos de possíveis efeitos a serem melhor estudados, uma vez que o desbalanceamento impede comparações entre todas as fases da lua, para todos os períodos considerados.

Desse modo, sugerimos que, em futuras pesquisas o local seja visitado em todas as fases da lua, tanto na estação de pouca luminosidade (*Inverno*) quanto nas estações de alta luminosidade (*Não Inverno*), num mesmo ano. Outro modo de conduzir o planejamento seria medindo a luminosidade, no local de captura, uma vez que, segundo o pesquisador este é o fator que mais influencia essa variável.

## **Apêndice A**

Tabelas adicionais



**Tabela A.1** - Número total de capturas por mês e ano

<b>Mês</b>	<b>Ano</b>			
	<b>91</b>	<b>92</b>	<b>93</b>	<b>94</b>
janeiro	-	9	25	5
fevereiro	-	25	49	30
março	-	12	59	43
abril	22	10	88	47
maio	17	15	66	-
junho	33	25	91	-
julho	43	-	74	-
agosto	29	35	75	-
setembro	10	42	56	-
outubro	23	30	47	-
novembro	10	36	19	-
dezembro	5	21	18	-
<b>Total</b>	<b>192</b>	<b>260</b>	<b>667</b>	<b>125</b>

**Tabela A.2** - Número de primeiras capturas por mês e ano.

<b>Mês</b>	<b>Ano</b>			
	<b>1991</b>	<b>1992</b>	<b>1993</b>	<b>1994</b>
janeiro	-	3	4	1
fevereiro	-	13	14	13
março	-	3	13	14
abril	18	3	28	20
maio	11	5	16	-
junho	18	10	19	-
julho	18	-	18	-
agosto	8	9	15	-
setembro	5	6	16	-
outubro	10	2	8	-
novembro	5	4	6	-
dezembro	0	2	3	-
<b>Total</b>	<b>93</b>	<b>60</b>	<b>160</b>	<b>48</b>

**Tabela A.3 - Média de capturas/dia por ano e fase da lua - Primeiras de capturas.**

Ano	Lua	Número de capturas	Número de dias	média ± erro padrão
1991	Nova	3	3	1.00 ± 0.57
	Crescente	5	7	0.71 ± 0.47
	Cheia	35	11	3.18 ± 0.71
	Minguante	51	21	2.43 ± 0.42
1992	Nova	20	20	1.00 ± 0.26
	Crescente	9	7	1.29 ± 0.52
	Cheia	8	4	2.00 ± 0.71
	Minguante	23	22	1.05 ± 0.18
1993	Nova	87	28	3.11 ± 0.51
	Crescente	61	28	2.18 ± 0.43
	Cheia	3	2	1.50 ± 0.50
	Minguante	9	3	3.00 ± 1.15
1994	Nova	22	7	3.14 ± 0.34
	Crescente	24	9	2.67 ± 0.71
	Cheia	1	1	1
	Minguante	0	0	-
Total		361	173	

**Tabela A.4 - Média de capturas/dia por ano e fase da lua - Total de capturas**

Ano	Lua	Número de capturas	Número de dias	média ± erro padrão
1991	Nova	5	3	1.67 ± 0.33
	Crescente	12	7	1.71 ± 0.56
	Cheia	60	11	5.45 ± 1.51
	Minguante	115	21	5.48 ± 0.56
1992	Nova	89	20	4.45 ± 0.69
	Crescente	24	7	3.43 ± 0.90
	Cheia	17	4	4.25 ± 0.95
	Minguante	130	22	5.91 ± 0.56
1993	Nova	321	28	11.46 ± 1.09
	Crescente	288	28	10.29 ± 1.16
	Cheia	21	2	10.50 ± 0.50
	Minguante	37	3	12.33 ± 2.73
1994	Nova	62	7	8.86 ± 0.55
	Crescente	61	9	6.78 ± 0.97
	Cheia	2	1	2
	Minguante	0	0	-
Total		1244	173	

## **Apêndice B**

Modelos de Quase-Verossimilhança

**Modelo 1.** Modelo de Quase Verossimilhança utilizando *Fase da lua* como fator hierárquico em *Ano de coleta*.

Definimos:

$Y_{ijk}$  = número de capturas para o k-ésimo dia com a j-ésima fase da lua, no i-ésimo ano de coleta, e,

$i=1$ , período de 1991-1992

$i=2$ , período de 1992-1993.

$i=3$ , período de 1993-1994.

$j=1$ , fase de lua Nova

$j=2$ , fase de lua Crescente

$j=3$ , fase de lua Cheia

$j=4$ , fase de lua Minguante

$k= 1,2,\dots,n_{ij}$  com  $n_{ij}$  = número de observações para j-ésima fase da lua e i-ésimo ano de coleta.

$E(Y_{ijk}) = \mu_{ij}$  :número esperado de capturas/dia na j-ésima fase lunar no i-ésimo ano.

Assumimos

$\text{Var}(Y_{ijk})$  proporcional a  $\mu_{ij}^2$  e que as variáveis  $Y_{ijk}$  são independentes.

Propusemos o seguinte modelo para o número médio de capturas na j-ésima fase de lua no i-ésimo ano de coleta.

$$\sqrt{\mu_{ij}} = \mu_i + \beta_{ij} \text{ com as restrições } \beta_{1j} = 0 \text{ e } \beta_{34} = 0.$$

Desse modo,

$\mu_i$  = raiz quadrada da média do total de capturas para a fase de lua Nova no i-ésimo ano.

$\beta_i$  = variação na raiz quadrada da média do total de capturas quando mudamos para a j-ésima fase da lua,  $j=1,2,3,4$ .

**Observação:** A restrição  $\beta_{34}=0$  deve-se ao fato de que, no último ano de coleta (1993-1994) não houve noites de captura na lua Minguante.

**Modelo 2.** Modelo de Quase-Verossimilhança utilizando *Estação do ano* como fator hierárquico em *Ano de coleta*.

Definimos:

$Y_{ijk}$  = número de capturas para o k-ésimo dia com a j-ésima estação do ano, no i-ésimo ano de coleta, e,

$i=1$ , período de 1991-1992

$i=2$ , período de 1992-1993.

$i=3$ , período de 1993-1994.

$j=1$ , Inverno

$j=2$ , Não inverno

$k= 1,2,\dots,n_{ij}$  com  $n_{ij}$  = número de observações para j-ésima estação do ano e i-ésimo ano de coleta.

$E(Y_{ijk}) = \mu_{ij}$  :número esperado de capturas/dia na j-ésima estação do ano, no i-ésimo ano.

Assumimos

$\text{Var}(Y_{ijk})$  proporcional a  $\mu_{ij}^2$  e que as variáveis  $Y_{ijk}$  são independentes.

Propusemos o seguinte modelo para o número médio de capturas na j-ésima estação do ano e i-ésimo ano de coleta.

$$\sqrt{\mu_{ij}} = \mu_i + \beta_{ij}, \text{ com a restrição } \beta_{1j} = 0$$

Desse modo,

$\mu_i$  = raiz quadrada da média do total de capturas no inverno para o i-ésimo ano.

$\beta_{ij}$ = variação na raiz quadrada da média do total de capturas quando mudamos para a estação de não inverno, no i-ésimo ano.

**Modelo 3.** Modelo de Quase-Verossimilhança utilizando *Fase da lua* como fator hierárquico em *Ano de coleta* e *Estação do ano*.

Definimos:

$Y_{ijkl}$  = número de capturas para o  $l$ -ésimo dia da  $k$ -ésima fase da lua, na  $j$ -ésima estação do ano e  $i$ -ésimo ano de coleta, com:

$i=1$ , período de 1991-1992

$i=2$ , período de 1992-1993.

$i=3$ , período de 1993-1994.

$j=1$ , Inverno

$j=2$ , Não inverno

$k=1$ , fase de lua Nova

$k=2$ , fase de lua Crescente

$k=3$ , fase de lua Cheia

$k=4$ , fase de lua Minguante

$l = 1, 2, \dots, n_{ijk}$  com  $n_{ijk}$  = número de observações para  $k$ -ésima fase da lua na  $j$ -ésima estação do ano e  $i$ -ésimo ano de coleta.

$E(Y_{ijkl}) = \mu_{ijk}$  :número esperado de capturas/dia na  $k$ -ésima fase da lua,  $j$ -ésima estação do ano, no  $i$ -ésimo ano.

Assumimos

$\text{Var}(Y_{ijkl})$  proporcional a  $\mu_{ijk}^2$  e que as variáveis  $Y_{ijkl}$  são independentes.

Propusemos o seguinte modelo para o número médio de capturas na  $k$ -ésima fase da lua,  $j$ -ésima estação do ano e  $i$ -ésimo ano de coleta.

$$\sqrt{\mu_{ijk}} = \mu_{ij} + \beta_{ijk} \quad \text{com as restrições:}$$

$$\text{I) } \mu_{11} = \mu_{21} = \beta_{112} = \beta_{212} = \beta_{223} = \beta_{313} = \beta_{314} = \beta_{324} = 0$$

$$\text{II) } \beta_{ij1} = 0, \text{ para todo } i, j.$$

As restrições apresentadas em I) deve-se ao fato das correspondentes caselas estarem vazias.

A interpretação dos parâmetros é apresentada a seguir:

$\mu_{ij}$  = raiz quadrada da média do total de capturas da casela de referência para a fase da lua no i-ésimo ano e j-ésima estação do ano.

$\beta_{ijk}$  = variação na raiz quadrada da média do total de capturas quando mudamos para a k-ésima fase da lua.

## **Apêndice C**

Modelos de Análise de Variância



## 1. Fase da Lua

Neste modelo utilizamos a transformação raiz quadrada nos dados observados, a fim de satisfazer a suposição de homogeneidade de variâncias do teste estatístico utilizado. Os níveis descritivos relativos aos testes de comparação de médias encontram-se na Tabela C.1.1.

**Tabela C.1.1.** Níveis descritivos para as comparações entre as médias de capturas/dia nas diferentes fases da lua.

Período	Nível descritivo
1991-1992	0.1306
1992-1993	0.2031
1993-1994	0.0004

Os resultados dos testes não evidenciaram diferenças entre as médias de capturas para as diferentes fases da lua nos períodos de 1991-1992 e 1992-1993. Para o período de 1993-1994 essa diferença mostrou-se significativa. Comparando as médias de capturas por fase da lua duas a duas obteve-se os níveis descritivos apresentados na **Tabela C.1.2.**

**Tabela C.1.2.** Níveis descritivos para as comparações entre as médias em diferentes fases da lua, para o período de 1993-1994.

Fases da lua comparadas		Nível descritivo
Nova	Cheia	0.0013
Nova	Crescente	0.0012
Cheia	Crescente	0.0861

Considerando um nível de significância de 0.10 obtêm-se diferenças entre todas as médias consideradas. O número médio de capturas foi maior para a fase Nova, seguida da fase Crescente e Cheia.

**Modelo 1:** Modelo de Análise de Variância utilizando *Fase da lua* como fator hierárquico em *Ano de coleta*.

$$\begin{aligned}\sqrt{Y_{ijk}} &= \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \varepsilon \\ \sum_i \alpha_i &= 0. \\ \sum_j \beta_{j(i)} &= 0, \text{ para todo } i. \\ \varepsilon &\approx N(0, \sigma^2) \text{ independentes}\end{aligned}$$

$i=1,2,3$  ( $i=1$ , 1991-1992;  $i=2$ , 1992-1993;  $i=3$ , 1993-1994).

$j=1,2,3,4$  ( $j=1$ , Nova;  $j=2$ , Crescente;  $j=3$ , Cheia,  $j=4$ , Minguante).

onde:

$\mu$  = média geral da raiz quadrada do número de capturas.

$\alpha_i$  = efeito na média da raiz quadrada do número de capturas no  $i$ -ésimo ano de coleta.

$\beta_{j(i)}$  = efeito na média da raiz quadrada do número de capturas da  $j$ -ésima fase da lua, no  $i$ -ésimo ano de coleta.

**Observação:** Para o último ano de coleta não houve noites de captura na lua Minguante.

## 2. Estação do ano

Novamente, consideramos para este modelo a raiz quadrada do número de capturas como variável resposta. Após o ajuste do modelo, encontramos os níveis descritivos dos testes de comparação das médias de capturas que são apresentados na Tabela C.2.1.

**Tabela C.2.1.** Níveis descritivos para as comparações entre as médias de captura/dia nas diferentes estações do ano.

Período	Nível descritivo
1991-1992	0.0002
1992-1993	0.9910
1993-1994	0.0001

Obteve-se igualdade do número médio de capturas para as duas estações consideradas somente para o período e 1992-1993. Para os outros períodos a estação de inverno mostrou médias de capturas significativamente maiores que as das estações de não inverno.

**Modelo 2:** Modelo de Análise de Variância utilizando *Estação do ano* como fator hierárquico em *Ano de coleta*.

$$\sqrt{Y_{ijk}} = \mu + \alpha_i + \beta_{j(i)} + \varepsilon$$

$$\sum_i \alpha_i = 0.$$

$$\sum_j \beta_{j(i)} = 0, \text{ para todo } i.$$

$$\varepsilon \approx N(0, \sigma^2) \text{ independentes}$$

$$i=1,2,3 \text{ (} i=1, 1991-1992; i=2, 1992-1993, i=3, 1993-1994)$$

$$j=1,2 \text{ (} j=1, \text{ Inverno; } j=2, \text{ Não inverno)}$$

onde:

$\mu$  = média geral.

$\alpha_i$  = efeito do  $i$ -ésimo ano de coleta.

$\beta_{j(i)}$  = efeito da  $j$ -ésima estação do ano, no  $i$ -ésimo ano de coleta.

### 3. Fase da lua X Estação do ano

Utilizamos o modelo de Análise de Variância usual considerando o fator *Fase da lua* hierárquico a *Ano de coleta* e *Estação do ano* e como variável resposta a raiz quadrada do número de capturas. Os níveis descritivos para os testes de comparação das médias de captura para as diferentes fases da lua são apresentados na Tabela C.3.1.

**Tabela C.3.1.** Níveis descritivos para os testes de comparação de médias de capturas para as diferentes fases da lua, através do modelo de Análise de Variância.

Ano	Estação	Fases da lua comparadas	Nível descritivo
1991-1992	Inverno	Cheia, Minguante	0.039
	Não inverno	Nova, Crescente, Cheia, Minguante	0.840
1992-1993	Inverno	Cheia, Minguante	0.259
	não inverno	Nova, Crescente, Minguante	0.140
1993-1994	Inverno	Nova, Crescente	0.953
	Não inverno	Nova, Crescente, Cheia	0.003

Pela Tabela anterior observa-se que as diferenças encontradas no modelo correspondem aos períodos de:

- Inverno de 1991-1992: as médias comparadas nesse período referem-se às fases de lua Cheia e Minguante, evidenciando um número médio maior de capturas para a fase de lua Cheia.
- Não inverno de 1993-1994: as médias comparadas nesse período referem-se às fases de lua Nova, Crescente e Cheia. Nesse caso o número médio de capturas foi considerado igual para as fases de lua Cheia e Crescente ( $p=0.167$ ) e diferentes da fase de Lua Nova ( $p=0.003$  e  $0.004$ , respectivamente). A fase de lua Nova apresentou uma média de capturas maior que as demais.

**Modelo 3 :** Modelo de Análise de Variância utilizando *Fase da lua* como fator hierárquico em *Ano de coleta* e *Estação do ano*.

$$\sqrt{Y_{ijkl}} = \mu_{ij} + \beta_{ijk} + \varepsilon$$

com as restrições:

$$I) \mu_{11} = \mu_{21} = \beta_{112} = \beta_{212} = \beta_{223} = \beta_{313} = \beta_{314} = \beta_{324} = 0$$

$$II) \beta_{ij1} = 0, \text{ para todo } i, j.$$

e a suposição  $\varepsilon \approx N(0, \sigma^2)$  independentes

onde:

$i=1,2,3$  ( $i=1$ , 1991-1992;  $i=2$ , 1992-1993,  $i=3$ , 1993-1994)

$j=1,2,3,4$  ( $j=1$ , Nova;  $j=2$ , Crescente;  $j=3$ , Cheia,  $j=4$ , Minguante).

$k=1,2$  ( $k=1$ , inverno;  $k=2$  Não inverno).

$\mu_{ij}$  = média da raiz quadrada do total de capturas da casela de referência para a fase da lua no  $i$ -ésimo ano e  $j$ -ésima estação do ano.

$\beta_{ijk}$  = variação na média da raiz quadrada do total de capturas quando mudamos para a  $k$ -ésima fase da lua.

**Observação:** as restrições apresentadas em I) devem-se ao fato das correspondentes caselas estarem vazias.