

UNIVERSIDADE ESTADUAL DE CAMPINAS

INSTITUTO DE ARTES

Mestrado em Multimeios

**ESTUDO DA VARIAÇÃO INDIVIDUAL NO GRITO DE  
ALERTA DA ARARA- AZUL-GRANDE *Anodorhynchus*  
*hyacinthinus***

**Fábio Yoshikazu Cristófoli Ueno**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado em Multimeios do Instituto de Artes da Unicamp – Universidade Estadual de Campinas, para a obtenção do título de Mestre. Sob a orientação do Prof. Dr. Jacques Marie Edme Vielliard.

Campinas – 2007

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA  
BIBLIOTECA DO INSTITUTO DE ARTES DA UNICAMP**

Ue5a Ueno, Fábio Yoshikazu Cristófoli.  
Análise da variação individual no grito de alerta da Arara-  
azul-grande *Anodorhynchus hyacinthinus*. / Fábio Yoshikazu  
Cristófoli Ueno. – Campinas, SP: [s.n.], 2007.

Orientador: Jacques Marie Edme Vielliard.  
Dissertação de Mestrado - Universidade Estadual de  
Campinas, Instituto de Artes.

1. *Anodorhynchus hyacinthinus*.
2. Aves-comunicação.
3. Som. I. Vielliard, Jacques Marie Edme. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Artes. III. Título.

(1f/ia)

Título em inglês: Analysis of individual variation in Hyacinth Macaw  
*Anodorhynchus hyacinthinus* alarm call

Palavras-chave em inglês (Keywords): *Anodorhynchus hyacinthinus* –  
Bird communication

Sound

Titulação: Mestre em Multimeios

Banca examinadora:

Prof. Dr<sup>a</sup> Maria Luisa da Silva

Prof. Dr. Fernando Passos

Prof. Dr. Etienne Ghislain Samain

Prof. Dr. Wesley Rodrigues Silva

Data da defesa: 06 de Março de 2007

Programa de Pós-Graduação: Multimeios

**Aos meus pais e a minha irmã por  
me apoiarem incondicionalmente**

## Agradecimentos

Ao professor Dr. Jacques Marie Edme Vielliard pelo apoio, força e principalmente por me orientar.

Aos colegas da Imagem e Som, principalmente aos do “Raul”, que conseguiram entender e respeitar minha ausência.

Ao amigo Rogério Cunha de Paula e à amiga Priscilla Prudente do Amaral, biólogos “de verdade” que foram os primeiros a apoiar meu mestrado.

Ao projeto Arara Azul, personificado pela defensora das araras Neiva Maria Robaldo Guedes. À Lia Guedes por me acolher em sua casa e a César Corrêa pelo preço módico que cobrou para me carregar.

À Grace, Luciana e Marcelo companheiros de pantanal e amigos inspiradores.

Ao professor Dr. Hélio Godoy, mais que um grande professor, também um amigo, pelas discussões e estímulo.

Aos colegas de mestrado Milena Corbo e Carlos Araújo pelas dúvidas e respostas compartilhadas.

Ao Márcio Avelino, pelas bibliografias e respostas às dúvidas.

Aos companheiros de repúblicas, todas eles: Luiz Fabiano, José Milani e André Soares. Ronald Kashima, Daniel Sanchis e Danilo Bárbaro. Daniel Higa, Wilson Higashino, Fred Marques, Rodrigo Menardi e Elton Fanelli.

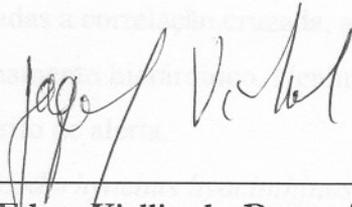
Ao meu pai Arlindo Toru Ueno, além de educação e estímulo este herói ainda é meu grande patrocinador. Lógico, também pelo amor paterno – o maior de todos depois da minha irmã (brincadeira).

À minha mãe Ana Terezinha Cristófoli Ueno por me alfabetizar e me apresentar o melhor dos mundos que já conheci até hoje. Lógico, também pelo amor materno – o maior de todos.

À minha irmã uma grande amiga e companheira.

**Instituto de Artes**  
**Comissão de Pós-Graduação**

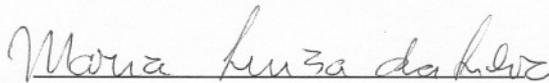
Defesa de Dissertação de Mestrado em Multimeios, apresentada pelo  
Mestrando **Fábio Yoshikazu Cristófoli Ueno** - RA 40198, como parte dos requisitos para a  
obtenção do título de **MESTRE EM MULTIMEIOS**, apresentada perante a Banca  
Examinadora:



**Prof. Dr. Jacques Marie Edme Vieliard** - Depto. Zoologia- IB/UNICAMP  
Presidente/Orientador



**Prof. Dr. Antonio Fernando da Conceição Passos** - DECINE/IA  
Membro Titular



**Profa. Dra. Maria Luisa da Silva** - UFPA  
Membro Titular

**“Só nos importaremos se compreendermos.  
Só ajudaremos se nos importarmos.  
Só os salvaremos se os ajudarmos.”  
Jane Goodall**

## Resumo

A Arara-azul-grande *Anodorhynchus hyacinthinus* é uma ave ameaçada de extinção, portanto sua individualização em campo é de grande interesse. Suas características gregárias, ausência de dimorfismo sexual e monogamia criam uma disposição natural à existência de reconhecimento individual entre co-específicos. Para que haja reconhecimento individual é preciso que exista variação inter-individual. O grito de alerta em *Anodorhynchus hyacinthinus* se apresenta como valiosa fonte de estudos por sua ocorrência comum nas proximidades do ninho na época de reprodução.

O grito de alerta da Arara-azul-grande *Anodorhynchus hyacinthinus* foi estudado através de três diferentes análises a fim de elucidar a presença ou ausência de variação inter-individual. Foram utilizadas a correlação cruzada, a análise de componentes principais e a análise de agrupamento hierárquico. Nenhuma delas elucidou a presença de variação inter-individual no grito de alerta.

O grito de alerta em *Anodorhynchus hyacinthinus* detém a função de reconhecimento específico e possui grande variação intra-individual, que pode caracterizar o estado emocional da ave emissora, que varia da temerosidade à hostilidade.

## Abstract

The Hyacinth Macaw *Anodorhynchus hyacinthinus* is a threatened bird, hence its individualization in the field is of great interest. Its gregarious characteristics, absence of sexual dimorphism and monogamy create a natural disposition to individual recognition among conspecifics. The Hyacinth alarm call has a common occurrence on the nests surroundings, establishing it as a valuable object of study.

. The Hyacinth alarm call was studied with three different analysis in order to elucidate the presence or absence of interindividual variation – cross correlation analysis, principal components analysis and hierarchical cluster analysis. Neither of them prove the presence of interindividual variation in that call.

The Hyacinth alarm call carries the function of species-specific recognition and shows intraindividual variation. Intraindividual variation can describe the *emotional state* of the emitter, that vary from fear to hostility.

## Sumário

<b>Introdução.....</b>	<b>10</b>
<b>I. Comunicação.....</b>	<b>10</b>
<b>II. Comunicação sonora nas aves.....</b>	<b>11</b>
<b>III. Bioacústica de psitacídeos.....</b>	<b>12</b>
<b>IV. Reconhecimento individual e variação entre indivíduos.....</b>	<b>14</b>
<b>V. A Arara-azul-grande.....</b>	<b>15</b>
<b>VI. Objetivos.....</b>	<b>18</b>
<b>Materiais e métodos.....</b>	<b>19</b>
<b>I. Área de pesquisa.....</b>	<b>19</b>
<b>II. Coleta de dados – equipamento e utilização.....</b>	<b>19</b>
<b>III. Tratamento de dados – programas e análises.....</b>	<b>21</b>
<b>Resultados.....</b>	<b>25</b>
<b>I. Dados coletados.....</b>	<b>25</b>
<b>II. CCA.....</b>	<b>26</b>
<b>III. PCA.....</b>	<b>28</b>
<b>IV. HCA.....</b>	<b>29</b>
<b>Discussão dos resultados.....</b>	<b>31</b>
<b>I. CCA.....</b>	<b>31</b>
<b>II. PCA.....</b>	<b>31</b>
<b>III. HCA.....</b>	<b>32</b>
<b>IV. O grito de alerta.....</b>	<b>33</b>
<b>Conclusões.....</b>	<b>35</b>
<b>Referências.....</b>	<b>36</b>
<b>Glossário.....</b>	<b>43</b>

<b>Apêndice.....</b>	<b>45</b>
<b>    Tabelas.....</b>	<b>45</b>
<b>    Figuras.....</b>	<b>47</b>
<b>    Gráficos.....</b>	<b>52</b>

## Introdução

### I Comunicação

Segundo Beer (1982) o crédito pela fundação da análise lógica e formal da comunicação é, de modo geral, atribuído a Charles Sanders Peirce e sua semiótica, ou teoria dos signos. Santaella (1983, p.2) define semiótica como “a ciência que tem por objeto de investigação todas as linguagens possíveis, ou seja, que tem por objetivo o exame dos modos de constituição de todo e qualquer fenômeno como fenômeno de produção de significação e de sentido”.

Como definição de signo, temos:

Um signo, ou “representamen” é algo que quer dizer (significa) a alguém por alguma coisa em algum aspecto ou capacidade. Ele dirige-se a alguém, significa que ele cria na mente daquela pessoa um signo equivalente, ou talvez um signo mais desenvolvido. Este signo que é criado, eu chamo de interpretante do primeiro signo. O signo que quer dizer (significa) alguma coisa, o objeto. Ele quer dizer (significa) daquele objeto, não em todos os aspectos, mas em referência a um tipo de idéia, a qual eu tenho chamado às vezes de base do “representamen”. (traduzido de Peirce 1932, p. 228).

Beer (*op. cit.*) atenta para a complexa definição de signo e o problema intrínseco a diferenciação entre o signo por ele mesmo – suas características físicas; e o signo em seu significado – o que quer dizer. Na prática seria possível a interpretação do signo por ele mesmo e do signo pela reação dele advinda, contudo seria bastante difícil interpretar a causa e origem do signo, ou “a base do representamen”. Quer dizer, nunca saber-se-ia com total exatidão a intenção do emissor do signo.

Para Thorpe (1958) a comunicação é a relação estabelecida entre a emissão de sinais e a evocação de respostas. Implícitos a esta relação estão o emissor, o receptor e o sinal e é através da comunicação que os seres vivos estabelecem suas relações.

Os conceitos da semiótica são inseridos na etologia por Marler (1961). Para este autor, o etólogo deve estar fora do processo de comunicação observando-o como não participante; a questão da intenção do emissor não é bem resolvida e a informação contida no sinal deve ser interpretada através das respostas que evoca no receptor (Beer, *op. cit.*). Assim, Marler mitiga a questão de intenção do emissor ao retornar a atenção aos efeitos suscitados no receptor. Dessa forma, estende a interpretação do significado do signo do efeito à causa.

## **II Comunicação sonora nas aves**

A comunicação ocorre de diferentes maneiras com diferentes tipos de sinal. Pode ser através de imagens (comunicação visual), estruturas químicas (olfativa e gustativa), sons (auditiva) e até mesmo pressões (tátil) (Marler 1959).

Segundo Thorpe (*op. cit.*) as vantagens da comunicação sonora são: a rapidez de dispersão da informação, um grande espectro de frequência e intensidade disponíveis para o uso, um relativo baixo custo energético de produção e a duração breve do sinal, que permite a atualização constante da mensagem. Para Thorpe o som possui as características ideais para o desenvolvimento da linguagem entre os animais.

Segundo Vielliard (1987) a bioacústica estuda os diversos tipos de comunicação sonora e vale-se da tecnologia de gravação e análise de sons para conservar e definir, em termos de parâmetros físicos, o próprio sinal de comunicação.

A ampla utilização da comunicação sonora pelas aves torna a classe um vasto terreno para bioacústica.

Uma importante função biológica atribuída à vocalização das aves é a de reconhecimento específico. Quer dizer que determinada vocalização contém a informação que caracteriza a espécie. Esse reconhecimento é primordial para a evolução das espécies e o funcionamento dos ecossistemas. Para a maioria das aves essa função biológica é fornecida por um sinal acústico. O canto incumbe-se dessa função: “Assim, podemos definir o canto como o sinal de comunicação sonora que contém a informação de reconhecimento específico” (Vielliard, *Ibid*, p. 103).

A função de reconhecimento específico do canto está ligada a uma baixa variância, que caracteriza a estereotipia necessária à espécie-especificidade. Tal estereotipia remete ao canto inato, ou canto determinado geneticamente. Não obstante, o canto aprendido, que necessita de um aprendizado adequado para ser funcional, possui parâmetros relativamente fixos, os quais garantem a função de reconhecimento específico. O aprendizado, porém, permite uma maior variação populacional e individual do canto. Quer dizer, é possível o reconhecimento de dialetos e até mesmo de assinaturas vocais. O canto aprendido pode se tornar bastante complexo com possibilidades ilimitadas de variação através da aquisição de sons imitativos ou do sequenciamento diversificado dos elementos sonoros (Vielliard 1997).

Na ausência do canto outras vocalizações assumem a função de reconhecimento específico, é o caso do grito de contato social da Gralha-azul *Cyanocorax caeruleus* e do Anu-branco *Guira guira* (Vielliard 1989) e do grito de vôo nos papagaios do gênero *Amazona* (Vielliard 1994).

### **III Bioacústica de psitacídeos**

O estudo da comunicação sonora em psitacídeos tem avançado lentamente quando comparado ao de outras aves, como as canoras. Isso ocorre porque os psitacídeos raramente são encontrados em pequenos territórios, como as aves canoras; porque a coleta desses animais para comércio ilegal torna muitas espécies assustadiças à presença humana; pela dificuldade de individualização no campo e pela capacidade de aprendizado contínuo dessa ordem de aves, que desencoraja inferências sobre populações selvagens a partir de observações obtidas em cativeiro (Bradbury 2003).

Esforços de pesquisas vêm sendo realizados em algumas espécies, notadamente o Periquito-australiano *Melopsittacus undulatus* que é o mais estudado enquanto pesquisas em cativeiro. Através do trabalho de Farabaugh e Dooling (1996) sabe-se que os Periquitos-australianos representam bem a grande maioria dos psitacídeos. Eles tem a unidade social básica constituída no casal e uma vida social ativa fora do período de reprodução, com forrageamento em grupos e poleiro-dormitório coletivo. Existe a

característica importante da espécie ser nômade e possuir migrações que interferem no processo de aprendizado. De maneira geral, guardada as devidas ressalvas, pode-se estender o conhecimento adquirido com a espécie para outras espécies de psitacídeos.

O Periquito-australiano possui um repertório constituído por diversos gritos distintos – contato, alarme, defesa de ninho, corte-solicitação de comida, agonístico e pedido de comida pelo filhote – e, além desses um “canto complexo”. Esse canto não tem semelhanças com a definição de canto anteriormente citada. Ao contrário, a função de reconhecimento específico, apesar de não caracterizada exatamente nesses termos pelos autores, parece estar relacionada ao grito de contato: “Em muitas espécies de aves que voam em bandos o ano todo, ou em parte dele, os indivíduos do bando compartilham um grito-específico-de-bando, normalmente um grito de contato ou de distância” (Farabaugh e Dooling, *Ibid*, p.105). A origem inata do grito de contato e sua relativa variância (atribuída ao aprendizado), que permite o reconhecimento de grupos e dos indivíduos, corrobora essa idéia. O primeiro grito de contato dos Periquitos-australianos evolui do grito de pedido de comida dos filhotes. A informação que caracteriza o grupo e a assinatura individual estão contidas na modulação de frequência dos gritos de contato.

Bond e Diamond (2005) relatam variação no grito de contato do Kea *Nestor notabilis* segundo a distribuição geográfica. Rowley (1980) relata reconhecimento individual dos filhotes pelos pais e vice-versa na Cacatua-galah *Cacatua roseicapilla* através do grito de contato, possivelmente associado à informação visual. Saunders (1983) descreve o reconhecimento individual e variação geográfica para a Cacatua-funebre *Calyptorhynchus funereus latirostris*, também através do grito de contato.

Há também experiências com psitacídeos neotropicais. Para o Tuim-da-Colômbia *Forpus conspicillatus* o reconhecimento individual ocorre entre o casal e entre irmãos (Wanker *et al.* 1998), a informação de assinatura vocal está contida, primeiro no pico máximo de frequência e em seguida na duração do grito de contato (Wanker e Fischer 2001). Há nessa espécie a comprovação de que os indivíduos além de reconhecerem membros do mesmo grupo pela vocalização, também classificam e chamam esses membros por seus “nomes” (Wanker *et al.* 2005).

O Papagaio-de-nuca-amarela *Amazona auropalliata* apresenta dialetos regionais tanto no grito de contato (Wright 1996), como na vocalização em dueto (Wright e Dorin

2001). A informação que distingue esses dialetos está presente na estrutura do sinal, com modificações rápidas na frequência da nota e nos parâmetros temporais.

Há variação geográfica no grito de contato do Periquito-de-testa-laranja *Aratinga canicularis* (Bradbury *et al.* 2001) e nos gritos de vôo do Papagaio-de-Santa-Lúcia *Amazona versicolor* (Kleeman e Gilardi 2005).

Nos papagaios africanos do gênero *Poicephalus* há diferenciação entre o macho e a fêmea quanto ao grito de alerta quando capturados (Venuto *et al.* 2001). Um Papagaio-cinzentos *Psittacus erithacus* também da África foi capaz de relacionar palavras humanas com objetos e, mais do que isso, de interpretar corretamente relações semânticas: Pepperberg (1999) descobriu isso com uma ave “criada a mão”.

#### **IV Reconhecimento individual e variação entre indivíduos**

Entende-se por reconhecimento individual a capacidade de um receptor perceber as características distintivas de outro indivíduo por ele já anteriormente conhecido e atribuir essas características a esse indivíduo através de sua memória (Sherman *et al.* 1997).

Para que se estabeleça o comportamento social é preciso que os indivíduos a interagir reconheçam uns aos outros (Wilson 1975, Falls 1982). Em aves que formam grupos a seleção natural favorece o reconhecimento individual (e.g. Farabaugh e Dooling *op. cit.*, Robertson 1996).

Ser mais gregário ou menos implica na quantidade e complexidade dos repertórios. *Forpus conspicillatus* que forrageia em grupos e divide poleiros-dormitórios chega a nomear seus próximos, enquanto *Amazona auropalliata*, menos sociável ao passar grande parte do dia afastado de grupos em sua unidade social básica de casal, aparentemente não apresenta reconhecimento individual (Bradbury *op. cit.*).

A variação entre indivíduos, ou variação inter-individual é um pré-requisito para o reconhecimento individual. Entende-se por variação inter-individual a situação na qual existe grande variância na vocalização entre diferentes indivíduos, mais do que na repetição da vocalização de um mesmo indivíduo (Falls, *op. cit.*). Enquanto parece haver

uma disposição natural a variação inter-individual, - “Uma vez que os indivíduos diferem na hereditariedade e em experiência, nós podemos esperar alguma tendência em direção à variação entre indivíduos na maioria dos sinais” (traduzido de Falls, *Ibid*, p. 239) -, sua existência não implica necessariamente em reconhecimento individual.

## V Arara-azul-grande

A Arara-azul-grande *Anodorhynchus hyacinthinus* (Latham 1790) é o maior representante da família Psittacidae no mundo e chega a alcançar um metro de comprimento da ponta do bico à ponta da cauda (Sick 1997). Caracteriza-se pelo tom azul cobalto de suas penas, tão escuras que à distância chegam a parecer negras e pelo amarelo intenso contrastante do anel perioftálmico, das pálpebras e de uma faixa em torno da base da mandíbula (Guedes 1993). Segundo Calle e Stewart (1987) não há diferenças morfológicas que distingue os sexos, contudo Guedes e colaboradores (1992) atentam para a possível distinção entre macho e fêmea na época de reprodução graças à curvatura e desgaste das penas da cauda da fêmea, que passa grande parte do tempo reprodutivo dentro do ninho ao chocar ou cuidar dos filhotes.

Distribui-se pelos estados de Minas Gerais, Bahia, Piauí, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Maranhão e Pará. Além da Bolívia e Paraguai (Munn *et al.* 1989). Guedes (2004) delimita a presença de *Anodorhynchus hyacinthinus* ao Pantanal, ao Brasil central e ao norte do Brasil, com uma estimativa populacional de 6500 indivíduos, com entre 150 e 200 indivíduos na Bolívia e relatos de visitas ocasionais para alimentação ao Paraguai. É considerada espécie em perigo de extinção e consta da lista vermelha do IUCN (IUCN, 2007).

Segundo Bates (1989), *Anodorhynchus hyacinthinus* é de vida social e tem o hábito de forragear em grupo; em 1992 foi encontrado um dormitório que chegou a abrigar cento e doze e indivíduos de Araras-azuis-grandes pernoitando numa única árvore, *Sterculia striata* (Guedes *op. cit.*). São conspícuas, pouco nômades (Yamashita 1992) e monogâmicas (Miyaki *et al.* 1999). Pinho (1998) afirma que mesmo na época de

reprodução, quando os casais se afastam em seus ninhos, eles continuam a se unir aos bandos para forragear.

Sobre a vocalização da Arara-azul-grande Sick (1997) descreve (p. 366): “Voz: fortíssimo crocitar “kraa”, “ara”; “trará, trará” (advertência); “kraa, kraa... kraa...” (um parceiro) e “rraaka, rraaka...” (outro parceiro); na região do Rio das Mortes (Mato Grosso) observamos um crocitar diferente terminado em “i”, um penetrante “trarrí-arrí””.

Da descrição onomatopaica de Sick subentende-se: a existência de um grito de alerta caracterizado como “trará, trará”, a existência de um possível dueto com diferença entre as vocalizações dos conjugues caracterizado por ““kraa, kraa... kraa...” (um parceiro) e “rraaka, rraaka...” (outro parceiro)”; possível diferenciação geográfica das vocalizações de advertência.

Yamashita (1997) descreve o comportamento de forrageamento em grupo com a presença de sentinelas, que ao sinal de perigo emitem o grito de alerta donde todos partem em vôo.

Guedes (*op. cit.*) não faz distinção entre o grito de alerta durante o forrageamento e o grito de alerta emitido pelo macho sentinela na defesa do ninho. Acrescenta ainda que a fêmea sai do ninho e o acompanha:

Quando surge algum intruso, estando o macho de sentinela na árvore e a fêmea dentro do ninho, ele dá o grito de alerta, a fêmea sai do ninho e juntos começam a vocalizar. Nesse momento, as penas da cabeça ficam eriçadas e os gritos são curtos, fortes e constantes, enquanto durar o perigo (Guedes *op. cit.*, p.56).

A autora afirma que vocalizações são raras no período de repouso nos ninhos, ao contrário do que acontece nos dormitórios, mas nenhuma vocalização além do grito de alerta é descrita e classificada.

Schneider (2003) descreve o grito de alerta, uma vocalização de baixa intensidade relacionada à cópula, diferentes vocalizações, não especificadas, para intimidação intraespecífica e uma vocalização de curta duração e baixa intensidade para momentos de interação social com o parceiro.

Não há definição de um grito que contenha a função de reconhecimento específico em *Anodorhynchus hyacinthinus*. De qualquer forma, a presença de variação individual independeria de tal constatação. A situação da Arara-azul-grande torna interessante a possibilidade de individualização através do som, pois constatada sua existência seria possível a construção de um banco de dados, o qual facilitaria no manejo e estudo da espécie. A espécie possui características como monogamia, vida social e ausência de dimorfismo sexual, que sugerem a existência de reconhecimento individual.

O grito de alerta é uma denominação bastante recorrente para diferentes ocasiões de vocalização em *Anodorhynchus hyacinthinus*, seja no forrageamento ou na intimidação de intrusos. Parece ser a ele que Guedes (*op. cit.* p.88) se refere quando cita o grito característico da espécie: “...bem como fazem grandes aproximações dos homens, dando vôos rasantes, geralmente em círculos, emitindo seu grito característico que pode ser identificado de longe.”

Segundo Pinho (*op. cit.*) 45% do tempo diário (das 6:00h às 18:00h) da Arara-azul-grande é despendido em descanso à sombra, outros 30% são utilizados no forrageamento, 15% em atividades que não puderam ser acompanhadas e 10% em comportamento agonístico com outras espécies. Isso quer dizer que o grito de alerta é a vocalização que mais surge ante a observação do pesquisador, caracterizando-se então como um interessante campo de estudos para bioacústica.

## **VI Objetivos**

Analisar se há variação inter-individual no grito de alerta da Arara-azul-grande *Anodorhynchus hyacinthinus*.

Produzir um CD-ROM com texto, fotos e vocalizações que apresente o estudo acima.

## **Materiais e métodos**

### **I Área de pesquisa**

A coleta de dados foi realizada no mês de setembro de 2005, época de seca no Pantanal e alta temporada da reprodução de *Anodorhynchus hyacinthinus*.

Realizou-se no Pantanal sul, mais propriamente na fazenda Caiman, sede do Projeto Arara Azul (19°57'12.65" S, 56°18'16.29"W). A localização exata dos ninhos estudados não será apresentada visando a segurança desses animais ameaçados de extinção. A Fazenda Caiman encontra-se no município de Miranda, o qual possui 38% de sua área fisiográfica caracterizada como Pantanal, todo o restante é formado por áreas de planalto. A Fazenda localiza-se entre áreas de planalto e também de Pantanal. E os ninhos de araras foram encontrados em ambas as localidades, contudo só foram aferidos ninhos pertencentes à região do Pantanal, apenas por questão logística de transporte. Por tanto, pode-se delimitar a área de estudo como a sub-região do Pantanal de Miranda, que representa 3,17% de toda a área caracterizada como Pantanal (Silva e Abdon 1998).

A região está bastante antropomorfizada e sofre com o constante desmatamento dos próprios fazendeiros. Além disso, o turismo ecológico permanente provém um influxo constante de pessoas.

A grande concentração de araras ocorre pela presença do Projeto Arara Azul que mitiga a ausência de manduvis *Sterculia apetala*, principal árvore de nidificação da espécie no local, com a colocação de ninhos artificiais, os quais são monitorados todos os anos na época de reprodução (Guedes 2004). Por esses motivos, a maioria dos indivíduos dos ninhos aferidos pode ser caracterizada como habituados à presença humana.

### **II Coleta de dados - equipamento e utilização**

O equipamento utilizado para coleta de dados no campo foi:

- Microfone direcional hipercardióide Sennheiser ME 67;
- 50 metros de cabo blindado para microfonagem;

- 1 metro de cabo blindado para microfonagem;
- gravador “solid state” Marantz PMD670;
- laptop com processador AMD Athlon(tm)XP 1500 + 1.29GHz com 480 MB de RAM;
- tripé para microfone;
- barraca para observação de aves;
- corda;
- caderno de anotações e binóculos (8X25).

Duas metodologias foram utilizadas. A primeira será chamada de observação e gravação na frente do ninho (OGN) e a segunda de aproximação ativa com gravação (AAG).

Em OGN, a barraca para observação de aves foi montada em frente ao ninho numa distância fixa nunca superior a 50 metros. A distância foi variável pelo aproveitamento das condições físicas naturais para camuflar a barraca (e.g. montagem da barraca atrás de árvore). O microfone era fixado com o tripé e este amarrado para não oscilar nem cair com o vento. O cabo de 50 metros era então desenrolado até o interior da barraca, onde era conectado ao gravador. Iniciava-se então a fase de observações e gravações. Os comportamentos eram observados com o binóculo e descritos no caderno com sua respectiva hora de ocorrência. As vocalizações eram gravadas e seu número de listagem era anotado também no caderno, também com sua respectiva hora de ocorrência. Esta metodologia ocupou 84% do tempo despendido em campo para coleta de dados.

Na AAG, o gravador era pendurado no pescoço e o microfone carregado na mão. A conexão entre os dois era feita com o cabo blindado de 1 metro. Não era usado nenhum outro material. A intenção desta metodologia foi de provocar o grito de alerta e aumentar a amostragem desse tipo de gravação nos ninhos testados. O deslocamento retilíneo em direção ao ninho era feito até que o macho ou a fêmea a ele pertencente começasse vocalizar o grito de alerta. Deste momento em diante suspendia-se o deslocamento e gravava-se até o final dos gritos. Os dados de ninho, a referência temporal e os comportamentos eram registrados verbalmente após os gritos cessarem. Esta metodologia preencheu apenas 16% do tempo despendido na coleta de dados, contudo incrementou bastante os dados referentes aos gritos de alerta.

O laptop foi utilizado para armazenar e organizar os dados gravados no formato digital PCM WAV. O gravador PMD670 da Marantz permite a gravação dos dados diretamente no formato digital sem compactação, a 48kHz de taxa de amostragem (“sampling rate”) em 16 bits.

### **III Tratamento de dados – programas e análises**

Os programas de computador utilizados foram:

- Adobe Audition versão 1.5, da Adobe;
- Sound Ruler – Acoustic Analysis, versão 0.941, de código aberto criado por Marcos Gridi Papp;
- Statistica versão 7 com pacote completo de serviços, da Statsoft .

As gravações foram editadas, as notas do grito de alerta selecionadas e a criação dos respectivos sonogramas realizada com a utilização do programa Adobe Audition. Este foi responsável também pelo mapeamento dos parâmetros sonoros componentes da matriz de dados posteriormente utilizada na análise por agrupamento hierárquico (HCA) e na análise por componentes principais (PCA).

O Sound Ruler é um programa criado especificamente para a análise de dados acústicos e caracteriza-se pelo alto desempenho na execução da análise de correlação cruzada (CCA).

O programa Statistica é específico para tratamentos estatísticos e seu pacote completo de serviços possui um subdiretório de testes de estatística multivariada, no qual pode-se encontrar a análise por agrupamento hierárquico (HCA) e a análise por componentes principais (PCA).

A análise de correlação cruzada ou CCA mede a similaridade entre dois sons através do cálculo da quantidade de sobreposições de energia num intervalo de tempo discreto (Cortopassi e Bradbury 2000).

O algoritmo da CCA do programa Sound Ruler desliza um gráfico de som sobre outro e calcula o coeficiente de correlação para cada passo do deslizamento. O programa registra a correlação máxima obtida para cada par de gráficos e plota esses dados numa

matriz de similaridade. Os valores de correlação vão de 0 a 1, onde 0 é igual a inexistência total de similaridade e 1 corresponde a similaridade completa, ou seja a sons idênticos (Papp 2004).

Deve-se atentar para as características da CCA que a estabelecem como uma poderosa ferramenta para caracterização de individualidade, mas que ao mesmo tempo podem incorrer em erros crassos: o funcionamento da CCA exige o pesquisador da escolha de parâmetros sonoros a serem comparados, pois compara toda e qualquer fonte de energia do gráfico de som, inclusive fatores diversos como ruído de fundo que incorporam então a análise. A característica de análise abrangente, com menor interferência humana, tem como consequência a impossibilidade da definição exata dos parâmetros envolvidos no cálculo de similaridade (Terry *et al.* 2001).

A CCA pode ser realizada em gráficos de tempo por amplitude – plano dinâmico, de amplitude por frequência – plano harmônico e de tempo por frequência – plano melódico. Essas são as únicas delimitações possíveis no que diz respeito a escolhas de parâmetros sonoros. Além disso, existem parâmetros computacionais que devem ser estabelecidos com intuito de viabilizar a melhor condição possível de aferição (mais detalhes nos resultados).

A análise por componentes principais ou PCA é uma técnica de estatística multivariada que pode ser utilizada para redução do número de variáveis e/ou para fornecer as variáveis mais importantes no espaço das componentes principais da variância. Além disso, a PCA permite a caracterização espacial das amostras conforme sua similaridade (Neto 2004).

Basicamente é um método de dissociação ou partição da matriz de similaridade numa série de eixos ortogonais, chamados de componentes. No processo de criação dos componentes utiliza-se o coeficiente de correlação, ou o coeficiente de covariância para criação dos autovalores. Autovalores são o comprimento dos eixos dos componentes principais. A PCA pode analisar a matriz de similaridade para a padronização de dados ou a centralização dos mesmos e é a escolha entre o coeficiente de correlação e o coeficiente de covariância que determiná-la-á (Ludwig e Reynolds 1988).

O número de componentes é sempre igual ao número de variáveis escolhidas para análise, contudo os primeiros componentes gerados correspondem à maior parte da

variação, assim os últimos componentes podem ser excluídos, o que facilita a análise. Sobretudo, as principais variáveis utilizadas na formação desses primeiros componentes são explicitadas como as de maior relevância e contribuição para variação.

As amostras podem ser plotadas num gráfico de duas dimensões referentes a dois componentes principais, geralmente o primeiro e o segundo. A localização espacial dessas amostras no gráfico permite categorizá-las quanto à similaridade. A PCA pode tratar variáveis com diferentes unidades de medida, neste caso a análise deve buscar a padronização dos dados e os coeficientes de correlação devem ser escolhidos para o cálculo dos autovalores (Statistica 2004).

A análise por agrupamento hierárquico (HCA) é uma técnica de classificação que organiza amostras semelhantes em grupos, ou agrupamentos. A análise por agrupamento hierárquico organiza as amostras num dendrograma através de um escalonamento ascendente, de forma que no último grupo formado todas as amostras estejam contidas.

Na HCA cada amostra é tratada como um ponto no espaço multidimensional das variáveis. Feito isso, é possível calcular a distância desse ponto em relação aos outros pontos amostrais e formar uma matriz que descreve a proximidade entre todas as amostras estudadas. Essa matriz é a base para caracterização do dendrograma (Ludwig e Reynolds *op. cit.*).

A interpretação do dendrograma deve levar em conta sua natureza de cálculo. Assim, duas amostras próximas devem possuir valores semelhantes de variáveis, enquanto amostras distantes devem possuir valores diferentes. A escolha das variáveis deve então levar em conta esse potencial, quer dizer deve-se considerar apenas as variáveis que possuem interesse para a condição aferida, caso contrário variáveis sem interesse irão distanciar as amostras. A HCA, diferentemente da PCA não trata dados com diferentes unidades. Dessa maneira, ou as variáveis estão na mesma escala e ordem de grandeza, ou devem ser transformados e padronizados para que obedeçam a essa regra.

Há diferentes maneiras para o cálculo da distância entre os pontos amostrais. A mais usada é a distância euclidiana, que lida com os dados brutos da matriz; isso permite o acréscimo de novas amostras sem interferir no arranjo das amostras existentes. Esse fato deve ser levado em conta, principalmente quando a busca é por critérios de

identificação (e.g. variáveis atribuídas a indivíduos determinados). No entanto, se houver diferença de escala a aferição não funcionará corretamente (Statistica *op. cit.*).

## Resultados

### I Dados coletados

Um total de 30 dias foi passado em campo, dos quais foi possível a coleta de dados em 25. Nos outros cinco dias a chuva ou outros imprevistos inviabilizaram a coleta. No entanto, o aproveitamento dos vinte e cinco dias foi bastante expressivo graças à preparação prévia. Com uma média de oito horas em campo por dia, chegou-se ao total de 200 horas de campo.

Durante 21 dias foi observado o comportamento e gravada a vocalização de dezesseis ninhos pela metodologia OGN. Nos outros quatro dias, ante a indisponibilidade de transporte cedido pelo projeto, optou-se por um circuito em cinco ninhos a fim de captar o grito de alerta desses indivíduos segundo a metodologia AAG. Ao final do período de coleta de dados foram passadas 200 horas em campo, com aproximadamente quarenta minutos de material bruto gravado de um total de dezesseis ninhos (um dos ninhos visitados não foi gravado, pois chovia quando foi observado).

Os dados foram selecionados levando-se em conta suas qualidades técnicas – baixo nível de ruído, presença de um só grito por amostra e boa amplitude do sinal aferido (*i.e.* sinal gravado com energia suficiente para a caracterização detalhada do sonograma, sem, no entanto ter havido excesso de energia ao microfone: “estouro”). Novos arquivos de som foram criados para cada grito de alerta (figura 1), tomando-se o cuidado de referenciar bem os arquivos para que pudessem ser encontrados a qualquer momento no material bruto. Além disso, foi padronizada uma janela de 0.8 segundos para cada grito a fim de viabilizar a comparação entre eles.

O grito de alerta pode ser emitido isoladamente ou continuamente numa série de gritos (figura 2). Cada unidade de grito numa série caracteriza-se por ser emitida sincronicamente a expiração da arara (*i.e.* o que separa um grito de outro nesse caso é o intervalo de inspiração). A estrutura total do grito de alerta pode ser caracterizada pela presença de três subestruturas principais nomeadas na figura 1:

- Subestrutura 1 – início da vocalização em expiração, estrutura contínua rica em harmônicos.
- Subestrutura 2 – uma série de curtas unidades temporais, aqui nomeadas: staccatos.
- Subestrutura 3 – estrutura contínua rica em harmônicos, ao fim da vocalização em expiração.

Um total de 649 gritos referentes a 18 indivíduos foram conseguidos. A distribuição desses gritos entre os indivíduos se deu de maneira bem variada. A tabela 1 apresenta essa distribuição.

A partir dos 649 gritos foi montada uma matriz de dados para a análise estatística. A matriz leva em consideração parâmetros sonoros que poderiam conter variação inter-indivíduo ou mesmo a assinatura vocal dos indivíduos de Arara-azul-grande. Os parâmetros sonoros escolhidos foram:

De estrutura – Frequência da quantidade de staccatos por tempo em segundos na subestrutura 2 (He), inflexões das subestruturas 1 e 3. Número de harmônicos numa faixa de 10dB abaixo do valor máximo do harmônico mais energético para as subestruturas 1 e 3.

De frequência – Frequência inicial da subestrutura 1 (Fo<sub>ini</sub>) e 3 (Fo'<sub>ini</sub>), frequência máxima da subestrutura 1 (Fo<sub>max</sub>) e 3 (Fo'<sub>max</sub>), frequência final da subestrutura 1 (Fo<sub>fin</sub>) e 3 (Fo'<sub>fin</sub>) e frequência mínima da subestrutura 1 (Fo<sub>min</sub>) e 3 (Fo'<sub>min</sub>). Os valores foram medidos no harmônico mais nítido e calculados para a fundamental dividindo a medição pelo número de ordem do harmônico.

De tempo – Duração das subestruturas 1 e 3.

Um exemplo de como alguns desses parâmetros são adquiridos pode ser observado no sonograma da figura 3.

## II CCA

Os cálculos computacionais desse tipo de análise são bastante pesados e optou-se pela redução no número de amostras a fim de viabilizar e otimizar o resultado. Oito gritos de cada cinco indivíduos foram selecionados, num total de quarenta gritos. Os indivíduos

foram escolhidos de modo a contemplar ambos os sexos – 3 machos e duas fêmeas, todos de diferentes ninhos. Em cada indivíduo deu-se preferência aos gritos emitidos em seqüência, que porventura possuiriam maior chance de semelhança.

Optou-se pela análise da correlação cruzada do plano melódico, ou seja, o gráfico de tempo por freqüência foi utilizado na análise. As notas foram individualmente normalizadas e as freqüências acima de 5500 Hz foram cortadas. Essas escolhas se basearam na intenção de comparar as notas quanto ao tempo e a freqüência com a menor intromissão possível de fatores indesejados ou desnecessários, como a diferença de amplitude advinda das diferentes distâncias entre o microfone e a arara gravada e o excesso de dados acima de 5500 Hz, que só serviriam para atrasar o processamento.

Os ajustes computacionais do software para análise foram:

- comprimento da janela para análise FFT de 256 pontos;
- tamanho da janela de Hanning de 256 pontos;
- quantidade de sobreposições entre FFTs entre 230 – determina a quantidade de sobreposições que há da última janela de análise até a próxima janela, quanto maior for essa quantidade de sobreposições mais exata será a análise, contudo mais lento será o processamento;
- freqüência máxima exibida no gráfico de 5500 Hz.

Os ajustes foram estabelecidos através da configuração que obteve maior sucesso na obtenção de uma imagem bem equilibrada na representação dos domínios de freqüência e tempo, uma vez que os cálculos de FFT executados para a geração de imagens são os mesmos que integram a CCA (Cortopassi e Bradbury *op. cit.*).

O processamento levou 48 horas para terminar e o resultado pode ser visto na tabela 2. A fêmea F apresentou o melhor resultado para uma possível caracterização de variação inter-individual. Com a média do coeficiente de similaridade entre suas vocalizações de 0,76, enquanto a similaridade de suas amostras com os outros indivíduos ficou com coeficiente em média de 0,64. A fêmea C e o macho N não apresentaram resultado significativo devido a proximidade entre as médias do coeficiente de similaridade deles com eles mesmos e deles com os outros. O gráfico 1 apresenta a porcentagem de similaridade entre as amostras dos indivíduos e eles mesmos e entre os indivíduos e todos os outros.

Na comparação dos indivíduos dois a dois (tabela 3 e gráfico 2) é possível perceber que a fêmea C e o macho N realmente são problemáticos quanto à variação inter-individual. A média do coeficiente de similaridade aproximado da fêmea C com o macho I é de 0,68, enquanto as amostras da própria fêmea tem o coeficiente de 0, 67. Quer dizer que a fêmea tem sua vocalização de grito de alerta mais semelhantes às amostras do macho I do que às suas próprias amostras. O mesmo acontece com o macho N de similaridade com I de 0,70, enquanto a média de similaridade de suas próprias amostras não supera 0,68. Assim, existem médias de coeficientes de similaridade dois a dois bastante altas, que indicam para a inviabilidade do teste de CCA para caracterizar a presença de variação inter-individual no grito de alerta.

### **III PCA**

Foram realizadas duas análises por componentes principais. A primeira com todas as 649 amostras, a segunda com as 40 amostras utilizadas anteriormente na CCA. As 15 variáveis escolhidas para a composição da matriz de similaridade foram utilizadas na PCA. Assim, foram obtidos 15 fatores componentes. Na primeira análise das 15 componentes geradas, as 6 primeiras foram responsáveis por 75% da representação das variáveis originais e as variáveis de maior importância foram quatro: Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin, inversamente correlacionadas ao fator componente 1 de maior variância, 25,3%. E Fomin, Fofin, Fomax e Foini foram inversamente correlacionadas ao fator componente 2 de variância 15,7% (gráfico 3). Juntos, os fatores componentes 1 e 2 foram responsáveis por 40,9% da representação de todas as 15 variáveis. As variáveis estabelecidas são as que possuem maior variância.

Foi gerada a projeção das amostras no plano dos dois primeiros fatores componentes (gráfico 4) e verificou-se a impossibilidade de agrupamentos claros entre amostras de um mesmo indivíduo sem a interferência de amostras de outros. Isso significa que o conjunto das variáveis de maior importância anteriormente citadas e de maior variância não possuem informação que permita a individualização.

Na segunda análise, com as 40 amostras utilizadas no CCA objetivou-se viabilizar a comparação entre o resultado obtido nessa análise e o PCA. Além disso, a possibilidade de comparação dos resultados para as 40 amostras em relação às 649 foi uma oportunidade de checar se a escolha das amostras para a CCA representou bem o montante total de 649.

Das 15 componentes geradas, as 6 primeiras foram responsáveis por 80,3% da representação e foram 4 as principais variáveis: Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin, todas inversamente correlacionadas ao fator componente 1 de maior variância (27,9%). Isso indica que essas 40 amostras agiram de forma bastante semelhante ao montante total. Contudo, as variáveis Fomin, Fofin, Fomax e Foini anteriormente relacionadas inversamente ao fator componente 2 como variáveis de interesse, dessa vez não apresentaram a mesma relevância (gráfico 5).

Foi gerada a projeção das amostras no plano dos dois primeiros fatores componentes, responsáveis por 41,8% da representação de todas as variáveis (gráfico 6). É importante lembrar que as 40 amostras são compostas por 8 vocalizações de 5 indivíduos. Isso porque a interpretação do gráfico permitiu a definição de pequenos agrupamentos nunca compostos por mais de 4 amostras, enquanto as amostras não agrupadas puderam ser localizadas, no geral, de maneira bem afastada dos pequenos grupos. A dispersão conseguida com as 649 amostras repetiu-se com as 40. Significa que apesar de algumas amostras estarem próximas no plano, o que indicaria a viabilidade de individualização, que a presença de outras amostras referentes a outros indivíduos entre esses pequenos grupos e a dispersão das amostras não agrupadas inviabilizam a individualização.

#### **IV HCA**

As variáveis escolhidas para a HCA foram as que apresentaram maior importância para o cálculo das componentes na PCA. Assim, foram escolhidas: Fo'ini, Fo'min, Fo'max, e Fo'fin. Além dessas, também se optou por testar, as variáveis: Foini, Fomin, Fofin e Fomax. As 40 amostras inicialmente testadas foram mantidas para a HCA a fim

de facilitar a interpretação dos dendrogramas e, talvez, possibilitar uma comparação dos resultados entre PCA e HCA em relação à semelhança das amostras.

Três dendrogramas foram criados com diferentes variáveis sendo levadas em conta. O primeiro utilizou as variáveis Fo'ini, Fo'min, Fo'max, e Fo'fin (figura 4) para calcular a distância entre as amostras. O segundo utilizou Foini, Fomin, Fofin e Fomax (figura 5) como variáveis e o terceiro utilizou todas as 8 citadas (figura 6).

Nenhum dos dendrogramas propiciou agrupamentos eficazes para individualização das amostras. Isso demonstra a incapacidade das variáveis escolhidas para individualização da Arara-azul-grande *Anodorhynchus hyacinthinus*.

## **Discussão dos resultados**

### **I CCA**

Os altos valores de coeficiente de similaridade gerados pela CCA caracterizam a semelhança capaz de conferir a capacidade de reconhecimento específico ao grito de alerta. Contudo, os valores de coeficiente de similaridade maiores, para amostras entre diferentes indivíduos, do que para as amostras do próprio indivíduo não permitem que essa análise seja utilizada para a individualização.

Não se pode descartar por completo a existência de variação inter-individual a partir dos resultados obtidos, pois só é possível saber que houve uma comparação das amostras no plano melódico, quanto à frequência e o tempo. Quer dizer que a estrutura geral dos gritos de alerta, em sua frequência e tempo, foi comparada sem indicação de relevância para uma ou outra variável.

Os resultados obtidos devem ser interpretados conforme a abrangência da análise, quer dizer que na estrutura geral do plano melódico não é possível caracterizar variação inter-individual. Essa situação não descarta a possibilidade de que a individualização possa ocorrer a partir de variáveis específicas e que poderiam ter sido obscurecidas pelo caráter generalizante da CCA. Para contemplação de variáveis específicas é preciso discutir o resultado da PCA e da HCA.

### **II PCA**

Na PCA para as 649 amostras o resultado esperado não foi obtido e verificou-se a inexistência de variação inter-individual nas variáveis escolhidas para análise. Contudo, foi possível observar que há grande variação intra-individual (gráfico 4). Para que haja transmissão de informação é preciso haver variação (Shannon e Weaver 1949), portanto a análise apresentou variáveis capazes de conter informação, e essa informação, contida no conjunto dessas variáveis, não se prestaria a variação inter-individual.

As variáveis que apresentaram maior variância foram: Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin, seguidas por Fomin, Fofin, Fomax e Foini. Significa que, relativamente, as 4 primeiras possuem maior variância que as 4 seguintes, embora em conjunto as 8 variáveis sejam responsáveis pela maior parte da variância total (gráfico 3). Deve-se considerar então a possibilidade da presença de diferentes informações contidas na variação de Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin, da informação contida na variação de Fomin, Fofin, Fomax e Foini. E ainda, que se houvesse variação inter-individual em Fomin, Fofin, Fomax e Foini, que essa poderia ter sido mascarada pela maior variância de Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin.

A PCA das 40 amostras anteriormente utilizadas na CCA reafirmou a superioridade da variância de Fo'min, Fo'max, Fo'ini. Além disso, corroborou que a amostragem menor representa bem a amostragem total de 649, pois ambas projeções (gráfico 4 e 6) apresentaram amostras dispostas de maneira variada, sem a formação de grupos que caracterizariam a individualização.

Pode-se afirmar com os dois testes da PCA que as variáveis Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin, apesar de possuírem capacidade pra carregar informação, não carregam informação de variação inter-individual. Sua grande variância e a possibilidade de mascaramento de Fomin, Fofin, Fomax e Foini justificaram a análise seguinte.

### **III HCA**

A HCA calculada a partir das distâncias euclidianas permite o acréscimo de novas amostras sem alterar o arranjo das amostras previamente utilizadas pela análise. Assim é uma importante ferramenta que permite a inserção de amostras controle a fim de elucidar quais e como as variáveis se comportam para o agrupamento das amostras. Por esse motivo a HCA foi realizada levando-se em conta 3 diferentes combinações de variáveis: 1 - Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin; 2 - Fomin, Fofin, Fomax e Foini; 3 - Fo'min, Fo'max, Fo'ini, Fo'fin, Fomin, Fofin, Fomax e Foini. Caso a individualização ocorresse para a combinação 2 seria possível inserir amostras controle nas três HCA e analisar o comportamento dessas.

Como esperado, as HCAs 1 e 3 apresentaram agrupamentos não condizentes com a variação inter-individual e, dessa forma, ratificaram os resultados previamente elucidados, contudo a HCA 2 também apresentou o mesmo resultado. Isso provou que as variáveis Fomin, Fofin, Fomax e Foini também não carregam informação de variação inter-individual.

#### **IV O grito de alerta**

O grito de alerta de *Anodorhynchus hyacinthinus* possui as características necessárias para fácil localização segundo Marler (1967). São elas: grande faixa de frequência (muitos harmônicos), som repartido (staccatos) e repetição da vocalização (caso de emissão em série). Além disso, apesar de não existirem dados numéricos sobre a intensidade da pressão sonora, pode-se concluir através da simples audição *in loco* e de caracterizações textuais – “os gritos são curtos, fortes e constantes...” ou “apresentaram comportamento de defesa, com vocalizações altas e fortes...” (Guedes *op. cit.*, p.56 e p.95), que o grito de alerta é emitido com bastante energia.

A característica de fácil localização difere de alguns gritos de alerta de outras aves, nos quais apesar de intensos, os gritos são tons puros sem descontinuidades e com decaimento da pressão sonora contínuo, características que dificultam a localização (Marler *op. cit.*). Isso pode ocorrer devido ao tamanho da Arara-azul-grande que possui poucos predadores e talvez nenhuma seleção natural no grito de alerta para que este se tornasse de difícil localização.

Nomeado de “grito característico” da espécie por Guedes (*op. cit.*), o grito de alerta tem características que atraem para ele a função de reconhecimento específico. Fácil localização, alto coeficiente de similaridade na CCA e, segundo Vielliard (1987), preceder a defesa territorial podem ser características da vocalização com função de reconhecimento específico. Mas a função do grito de alerta não seria alertar? Nada impede que haja mais de uma função a atuar na mesma vocalização. É o caso dos Periquitos-australianos citados na introdução, nos quais há informação de

reconhecimento específico e também informação de reconhecimento individual no grito de contato.

A variação intra-individual não tem uma função elucidada por esse estudo. Contudo, é possível levantar a hipótese de que esteja ligada à gradação entre os estados de agressividade e medo segundo o preceito das regras de motivação estrutural do som de Morton (1977). Quer dizer que essa grande variação poderia carregar informação que caracteriza o estado emocional do indivíduo emissor, no qual a informação no grito de alerta poderia variar da maior agressividade para o medo, ou vice-versa.

## Conclusões

O grito de alerta em *Anodorhynchus hyacinthinus* detém a função de reconhecimento específico.

As variáveis aqui estudadas não possuem informação que permita a caracterização de variação inter-individual no grito de alerta da Arara-azul-grande.

O grito de alerta apresenta variação intra-individual que pode estar ligada ao estado emocional das araras emissoras.

Mais estudos serão necessários para se desvendar o complexo repertório de *Anodorhynchus hyacinthinus*. O estudo da ontogenia do grito de alerta pode ser realizado se houver apoio da infra-estrutura do Projeto Arara Azul, que já tem como hábito o monitoramento dos ninhos. A pesquisa de campo, com anotação do comportamento e gravação das vocalizações, deve ocorrer por períodos de pesquisa mais longos e contínuos para que mais informações sobre o repertório vocal possam ser adquiridas.

## Referências

- Anodorhynchus hyacinthinus*. **The IUCN red list of threatened species**, International Union for Conservation of Nature and natural resources. Disponível em: <<http://www.iucnredlist.org/search/details.php/1314/summ>>. Acesso em: 26 de dezembro de 2006.
- Bates, H. W. **The naturalist on the River Amazons**. London: J. M. Dent & Sons Ltd e New York: E. P. Dutton & Co., 1892. 407p.
- Beer, C.G. Conceptual issues in the study of communication. In: Kroodsma, D.E.; Miller, E.H.; Ouellet, H., ed. **Acoustic communication in birds**. New York: Academic Press, Inc., 1982. p. 279-310.
- Bond, A.B.; Diamond, J. Geographic and ontogenic variation in the contact calls of the Kea *Nestor notabilis*. **Behaviour** 142, 1-20, 2005.
- Bradbury, J.W.; Cortopassi, K.A.; Clemmons, J.R. Geographical variation in the contact calls of Orange-fronted parakeets. **Auk**, 118, 958-972, 2001.
- Bradbury, J.W. Vocal communication in wild parrots. In: DeWaal, F.B.M.; Tyack, P. L., ed. **Animal social complexity: intelligence, culture and individualized societies**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 2003. p. 293-316.
- Calle, P.P.; Stewart, A.H.T. Hematologic and serum chemistry values of captive Hyacinth Macaws *Anodorhynchus hyacinthinus*. **Journal of Zoological Animal Medicine**, 18 n°. 2, 98-99, 1987.
- Cortopassi, K.A.; Bradbury, J.W. The comparison of harmonically rich sounds using spectrographic cross-correlation and principal coordinates analysis. **Bioacoustics**, 11, 89-127, 2000.

Falls, J. B. Individual recognition by sounds in birds. In: Kroodsma, D.E.; Miller, E.H.; Ouellet, H., ed. **Acoustic communication in birds**. New York: Academic Press, Inc., 1982. p. 237-278.

Farabaugh, S.M.; Dooling R.J. Acoustic communication in parrots: laboratory and field studies of Budgerigars, *Melopsittacus undulatus*. In: Kroodsma, D.E.; Miller, E.H., ed. **Ecology and evolution of acoustic communication in birds**. New York: Cornell University Press, 1996. p. 97-117.

Guedes, N.M.R.; Santos, M.C.A.; Harper, L.H.; Almeida, A.F. Comportamento reprodutivo da Arara-azul *Anodorhynchus hyacinthinus*, no Pantanal. **Anais do X encontro anual de etologia**, Jaboticabal-SP. set/out de 1992. p. 204.

Guedes, N.M.R. **Biologia reprodutiva da Arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) no Pantanal-MS, Brasil**. 1993. 122 p. Dissertação (Mestrado) – ESALQ - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP.

Guedes, N.M.R. Araras-azuís: 15 anos de estudo no Pantanal. **IV Simpósio sobre recursos naturais e sócio-econômicos do Pantanal**, Corumbá-MS. 23 a 26 de novembro de 2004. 12p.

Kleeman, P.M.; Gilardi, J.D. Geographical variation of St. Lucia Parrot flight vocalizations. **The Condor**, vol. 107, 62-68, 2005.

Ludwig J.A.; Reynolds, J.F. **Statistical ecology: a primer on methods and computing**. A Wiley-Interscience publication, 1988.

Marler, P. Developments in the study of animal communication. In: Bell, P.R., ed. **Darwin's biological work**. London e New York: Cambridge University Press, 1959. p. 150-206.

- Marler, P. The logical analysis of animal communication. **Journal of Theoretical Biology**, 1, 295-317, 1961.
- Marler, P. Animal communication signals. **Science**, 157, n°. 3790, 769-774, 18/ago/1967. (New Series).
- Morton, E.S. On the occurrence and significance of Motivation-Structural rules in some bird and mammal sounds. **The American Naturalist**, 111, n°. 981, 855-869 set/out de 1977.
- Munn, C.A.; Thomsen, J.B.; Yamashita, C. The Hyacinth macaw. In: **Audubon Wildlife Report 1989/1990**. New York, 1989. p. 404-419.
- Miyaki, C.Y.; Guedes, N.M.R.; Wajntal, A. Genetic variability and other reproductive data on a population of the Hyacinth Macaw. **Book of abstracts - Neotropical ornithological congress 6**, Monterrey y Saltillo, México. 1999. p.179.
- Neto, J.M.M. Estatística multivariada: uma visão didática-metodológica. **Crítica**. 2004. Disponível em: [http://criticanarede.com/cien\\_estatistica.html](http://criticanarede.com/cien_estatistica.html) . Acesso em: 26 de dezembro de 2006.
- Papp, M.G. **Sound Ruler for Windows**, versão 0.941, código aberto, 2004. Disponível em: <http://soundruler.sourceforge.net/oldsite/index-br.htm> . Acesso em: 26 de dezembro de 2006.
- Peirce, C.S. Vol. 1-8. In: Hartshorne, C.; Weiss, P. – Vol. 1-6 – Burke, A.W. – Vol. 7-8, ed. **The collected papers of Charles Sanders Peirce**. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press, 1958. 2904p.

- Pepperberg, I.M.; Gardiner, L.I.; Luttrell, L.J. Limited contextual vocal learning in the Grey Parrot *Psittacus erithacus*: the effect of co-viewers on videotaped instruction. **Journal of Comparative Psychology**, 113, 158-172, 1999.
- Pinho, J.B. **Aspectos comportamentais da Arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) na localidade de Pirizal – Município de Nossa Senhora do Livramento – Pantanal de Poconé**. 1998. 78 p. Dissertação de Mestrado, UFMT - Universidade Federal do Mato Grosso, Cuiabá, MT.
- Robertson, B.C. Vocal mate recognition in a monogamous, flock forming bird, the Silvereye, *Zosterops lateralis*. **Animal Behaviour**, 51, 303-311, 1996.
- Rowley, I. Parent-offspring recognition in a cockatoo, the Galah, *Cacatua roseicapilla*. **Australian Journal of Zoology**, 28, 445-456, 1980.
- Santaella, L. **O que é semiótica**. São Paulo: Editora brasiliense, 1990 (9ª ed.). 18p.
- Saunders, D.A. Vocal repertoire and individual vocal recognition in the Short-billed White-tailed Black Cockatoo, *Calyptorhynchus funereus latirostris*. **Australian Wildlife Research**, 10, n.º. 3, 527-536, 1983.
- Schneider, L. **Estudo etológico da Arara-azul (*Anodorhynchus hyacinthinus*) no Pantanal de Miranda-MS. Campo Grande**. 2003. 151 p. Monografia (Conclusão de curso) – UFMS - Universidade Federal do Mato Grosso do Sul, Campo Grande, MS.
- Shannon, C.E.; Weaver, W. **The mathematical theory of communication**. University of Illinois Press, 1949.

- Sherman, P.W.; Reeve, H.K.; Pfenning, D.W. Recognition systems. In: Krebs, J.R.; Davies, N.B., ed. **Behavioural ecology: an evolutionary approach**. Oxford: Blackwell Scientific, 1997. p. 69-96.
- Sick, H. **Ornitologia brasileira**. Rio de Janeiro: Editora Nova Fronteira, 1997 (2<sup>a</sup> ed.). 912p.
- Silva, J.S.V.; Myrian, M.A. Delimitação do Pantanal brasileiro e suas sub-regiões. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, 33, 1703-1711, 1998. (Número Especial).
- Statsoft Inc.. **Statistica**, versão 7.0, Tulsa – EUA, 2004. Programa comercial.
- Terry, A.M.R.; McGregor, P.K.; Peake, T.M. A comparison of some techniques used to assess vocal individuality. **Bioacoustics**, vol. 11, 169-188, 2001.
- Thorpe, W.H. The learning of song patterns by birds, with especial reference to the song of the Chaffinch *Fringilla coelebs*. **Ibis**, vol. 100, 535-570, 1958.
- Venuto, V.; Ferraiuolo, V.; Bottoni, L.; Massa, R. Distress call of six species of African *Poicephalus* parrots. **Ethology Ecology and Evolution**, vol. 13, 46-68, 2001.
- Vielliard, J.M.E. O uso da bio-acústica na observação de aves. **Anais do II Encontro Nacional de Anilhadores de aves**, UFRJ - Universidade Federal do Rio de Janeiro. 27 a 31 de julho de 1986. Publicado em 1987, p. 98-121.
- Vielliard, J.M.E. O registro dos sinais de comunicação sonora em aves: parâmetros etológicos e testes de play-back. **Anais do VII Encontro Anual de Etologia**, Botucatu-SP. Outubro de 1989. p. 134-149.

- Vielliard, J.M.E. Bioacoustics and phylogeny among *Amazona* Parrots. Acta **XXI International Ornithological Congress**, Viena. 1994. p. 634.
- Vielliard, J.M.E. O uso de caracteres bioacústicos para avaliações filogenéticas em aves. **Anais do XV Encontro Anual de Etologia**, UFSCar – Universidade Federal de São Carlos. 1997. p. 93-107.
- Wanker, R.; Apcin, J.; Jennerjahn, B.; Waibel, B. Discrimination of different social companions in Spectacled Parrotlets *Forpus conspicillatus*: evidence for individual vocal recognition. **Behavioral Ecology and Sociobiology**, 43, 197-202, 1998.
- Wanker, R.; Fischer, J.; Intra- and interindividual variation in the contact calls of Spectacled Parrotlets *Forpus conspicillatus*. **Behaviour**, 138, 709-726, 2001.
- Wanker, R.; Sugama, Y.; Prinage, S. Vocal labelling of family members in Spectacled Parrotlets, *Forpus conspicillatus*. **Animal Behaviour**, 70, 111-118, 2005.
- Wilson, E. O. **Sociobiology: the new synthesis**. Cambridge, Massachusetts: Belknap Press, 1975.
- Wright, T.F. Regional dialects in the contact call of a parrot. **Proceedings of the Royal Society of London Series B**, 263, 867-872, 1996.
- Wright, T.F.; Dorin, M. Pair duets in the Yellow-naped Amazon (Psittaciformes: *Amazona auropalliata*): Responses to playbacks of different dialects. **Ethology**, 107, 111- 124, 2001.
- Yamashita, C. Comportamento de Araraúna *Anodorhynchus hyacinthinus* (Psittacidae, Aves). **Anais do X Encontro Anual de Etologia**, Jaboticabal-SP. Set/Out de 1992. p. 158-162.

Yamashita, C. *Anodorhynchus* macaws as followers of extinct megafauna: an hypothesis.  
**Ararajuba**, 5 n<sup>o</sup>. 2, 176-182, 1997.

## **Glossário**

FFT – do inglês Fast Fourier Transform. Tradução: transformada rápida de Fourier. É um algoritmo que calcula muito rapidamente a transformada discreta de Fourier, cálculo necessário para o processamento de variações periódicas, para que estas possam ser decompostas em sinóides. Para que a transformada seja rápida os dados são limitados. As partes iniciais e finais desses dados limitados podem levar ao efeito de “aliasing” (i.e. a produção de picos de frequência que não existem). Para reduzir o “aliasing” os dados são pré-processados a partir de janelas. Essas janelas reduzem os valores das partes iniciais e finais desses dados para então reduzir o “aliasing”. O procedimento típico para definição do valor da janela é empírico, sendo que o valor a obter o melhor resultado gráfico é o valor atribuído para outros cálculos sobre a mesma amostra.

Frequência – a frequência de um som corresponde ao número de períodos (do movimento periódico das moléculas) pela unidade de tempo. A unidade de medida usada para sua medição é o Hertz (Hz). E  $1\text{Hz} = 1$  período por segundo.

Fundamental – frequência componente mais grave de um som com harmônicos.

Harmônico – frequências múltiplas inteiras da frequência fundamental.

Inflexão – ponto em que uma linha sofre mudança de senso de variação.

Normalizar – normalizar um som é aumentar sua amplitude para que alcance o nível máximo de amostragem. Essa técnica não aumenta a quantidade de informação, apenas iguala a maior intensidade da amostra ao máximo da amostragem.

Sonograma – representação gráfica da constituição física do sinal sonoro no plano melódico. Tempo no eixo das abscissas e frequência no eixo das ordenadas. A amplitude, ou intensidade é grosseiramente representada pelo contraste da projeção sonora no plano, quanto mais contrastado maior a energia.

## Apêndice

### Tabelas

Tabela 1. Distribuição da amostra de notas selecionadas por indivíduo.

Quantidade de notas por indivíduos		
Ninho	Quantidade de notas	
	Macho	Fêmea
A	17	
B	33	16
C	1	14
D	19	16
F	-	28
G	19	85
I	60	-
J	43	-
L	54	-
M	38	-
N	16	-
O	52	88
P	-	50
Sub-total	352	297
Total	649	

Tabela 2. Média do coeficiente de similaridade entre as amostras dos indivíduos e eles mesmos e em relação aos outros.

Indivíduo	Média do coeficiente de similaridade nas amostras do indivíduo	Média do coeficiente de similaridade nas amostras do indivíduo em relação aos outros
Am	0,73	0,67
Cf	0,67	0,65
Ff	0,76	0,64
Im	0,74	0,68
Nm	0,68	0,66

Tabela 3. Média do coeficiente de similaridade entre as amostras dos indivíduos comparados entre si.

Indivíduos	Média do coeficiente de similaridade nas amostras comparadas de dois indivíduos
Am + Im	0,70
Im + Nm	0,70
Cf + Im	0,68
Am + Nm	0,67
Am + Ff	0,66
Am + Cf	0,65
Cf + Ff	0,65
Ff + Im	0,65
Cf + Nm	0,64
Ff + Nm	0,61

## Figuras

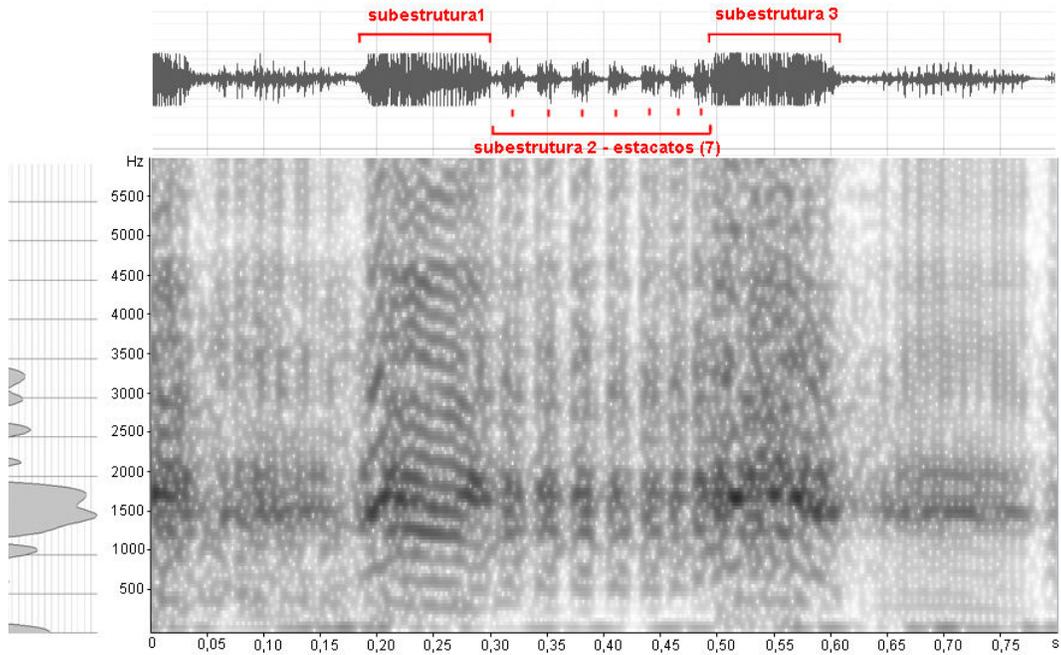


Figura 1. Exemplo de grito de alerta de *Anodorhynchus hyacinthinus*.

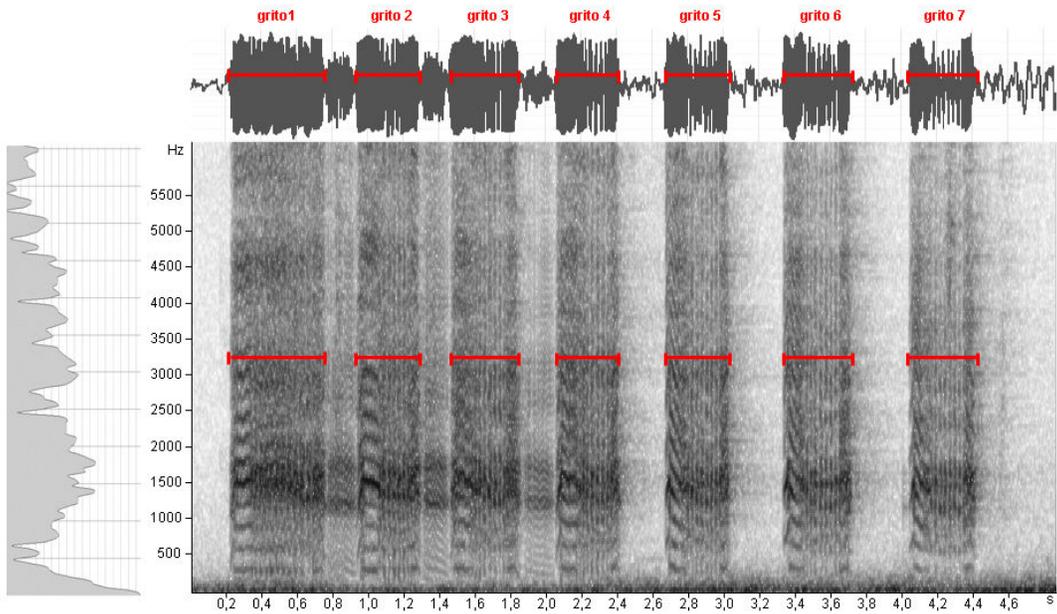


Figura 2. Exemplo de seqüência de gritos de alerta.

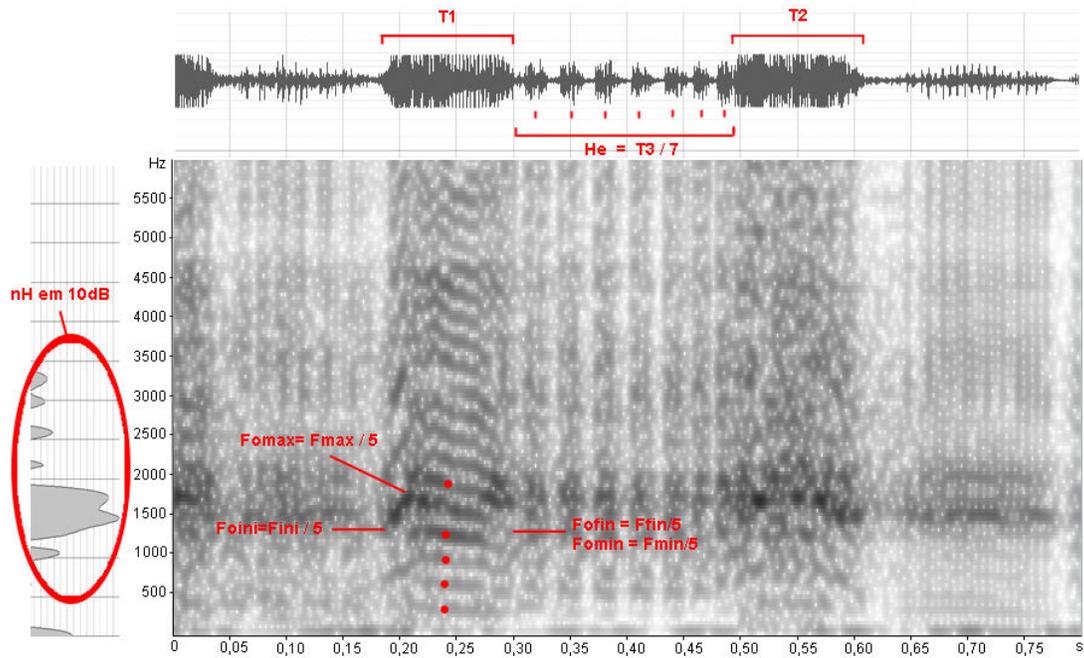


Figura 3. Parâmetros de frequência, estrutura e tempo utilizados na montagem da matriz.

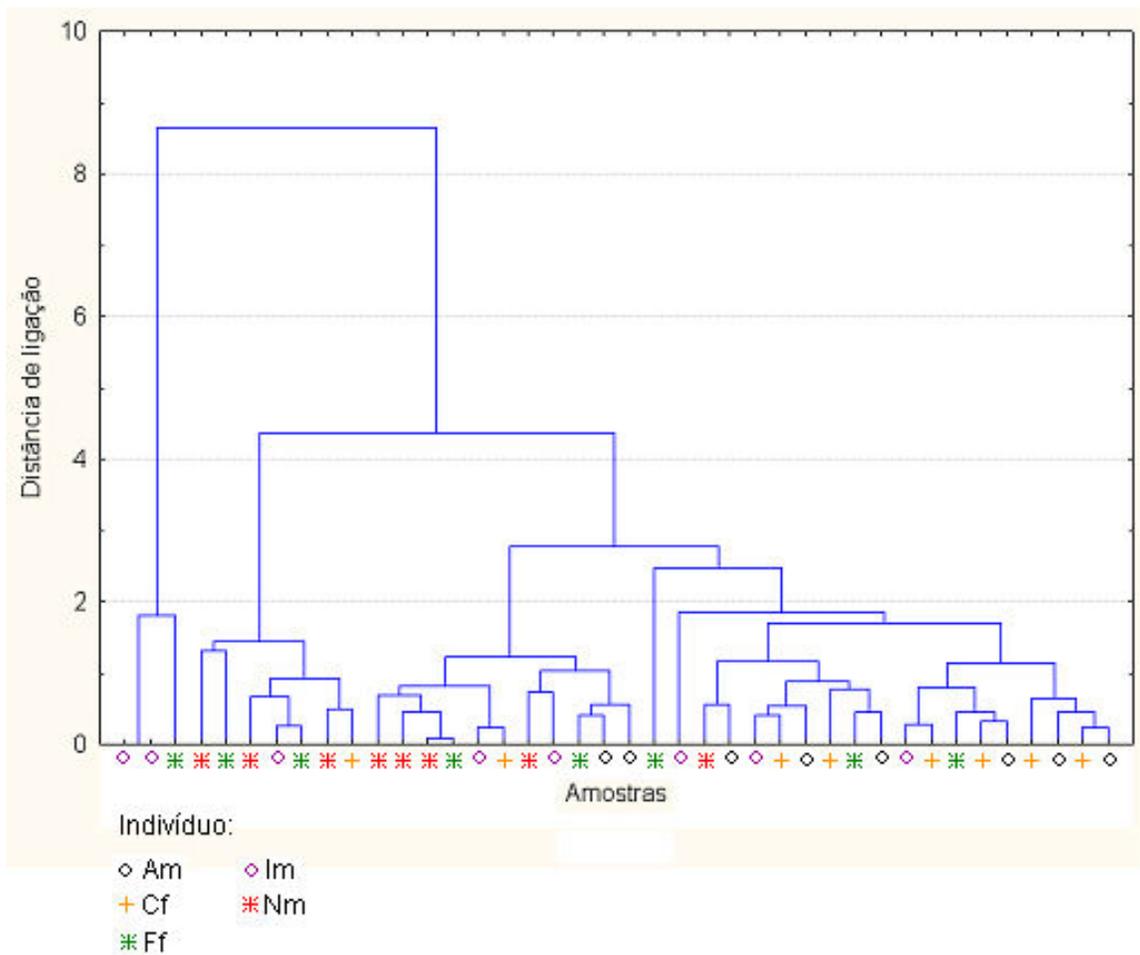


Figura 4. Dendrograma das 40 amostras com cálculo de distância euclidiana. Cálculo das distâncias a partir das variáveis Fo'ini, Fo'max, Fo'mim e Fo'fin. Agrupamentos incoerentes com a individualização.

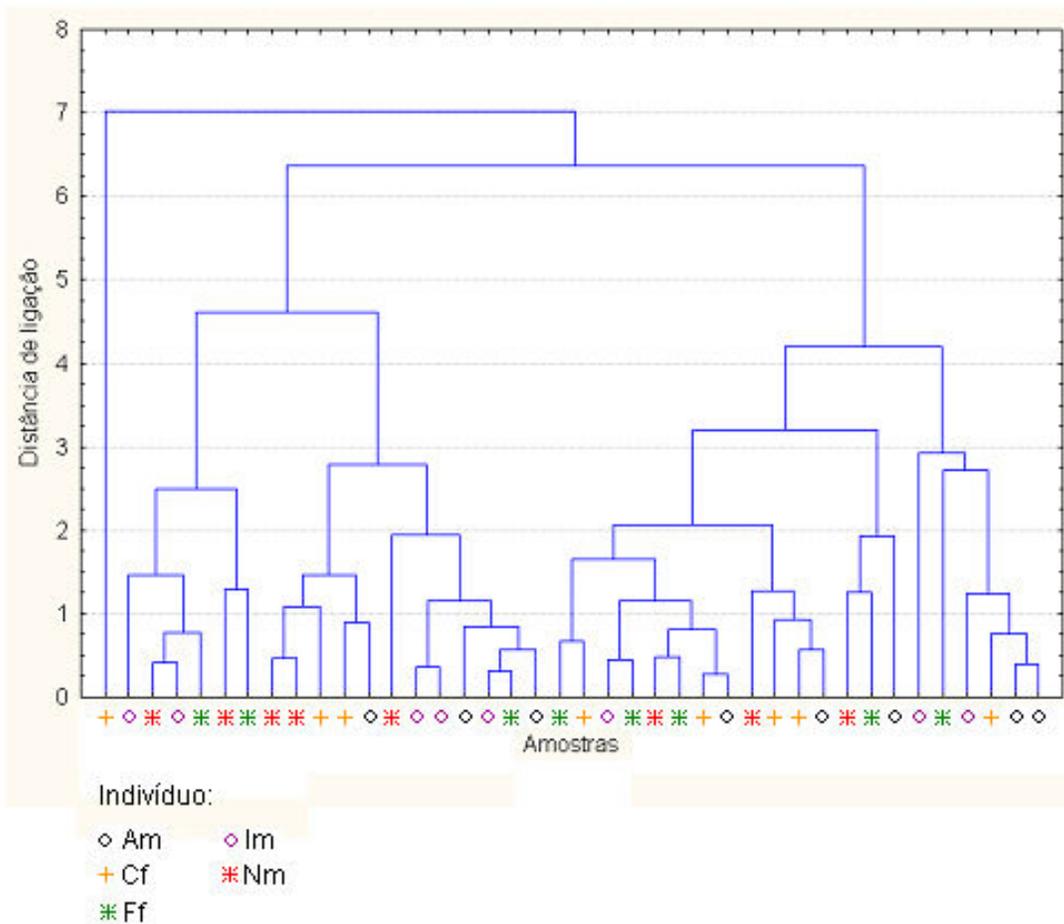


Figura 5. Dendrograma das 40 amostras com cálculo de distância euclidiana. Cálculo das distâncias a partir das variáveis Foini, Fomax, Fomim e Fofin. Agrupamentos incoerentes com a individualização.

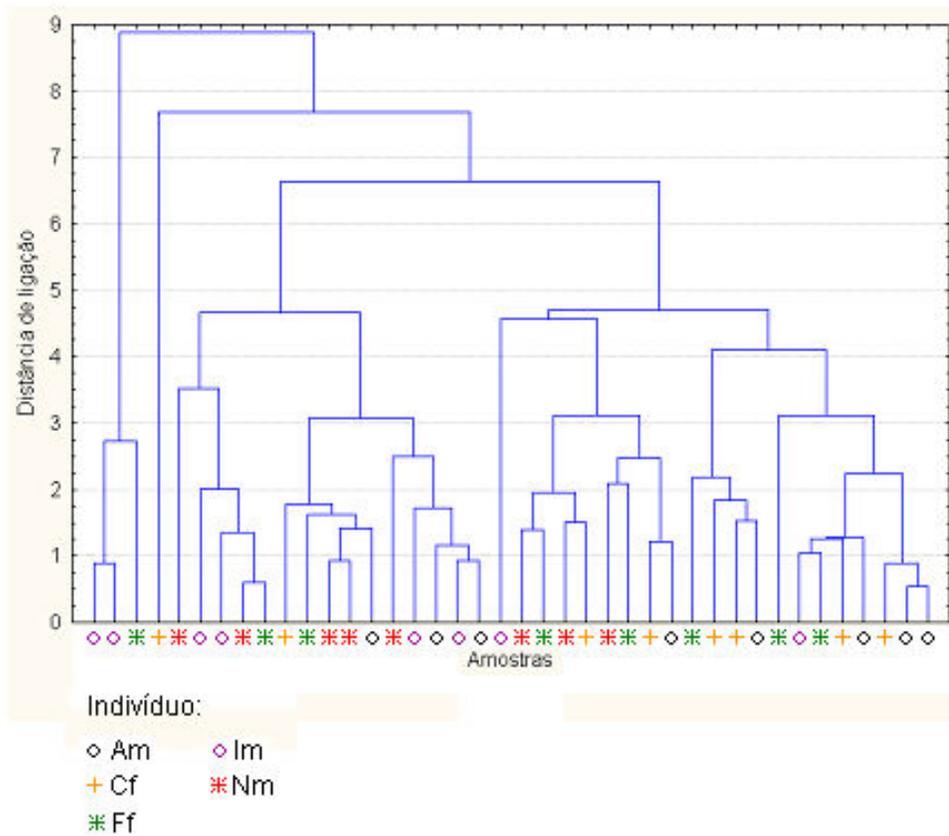


Figura 6. Dendrograma das 40 amostras com cálculo de distância euclidiana. Cálculo das distâncias a partir das variáveis Fo'ini, Fo'max, Fo'mim, Fo'fin Foini, Fomax, Fomim e Fofin. Agrupamentos incoerentes com a individualização.

## Gráficos

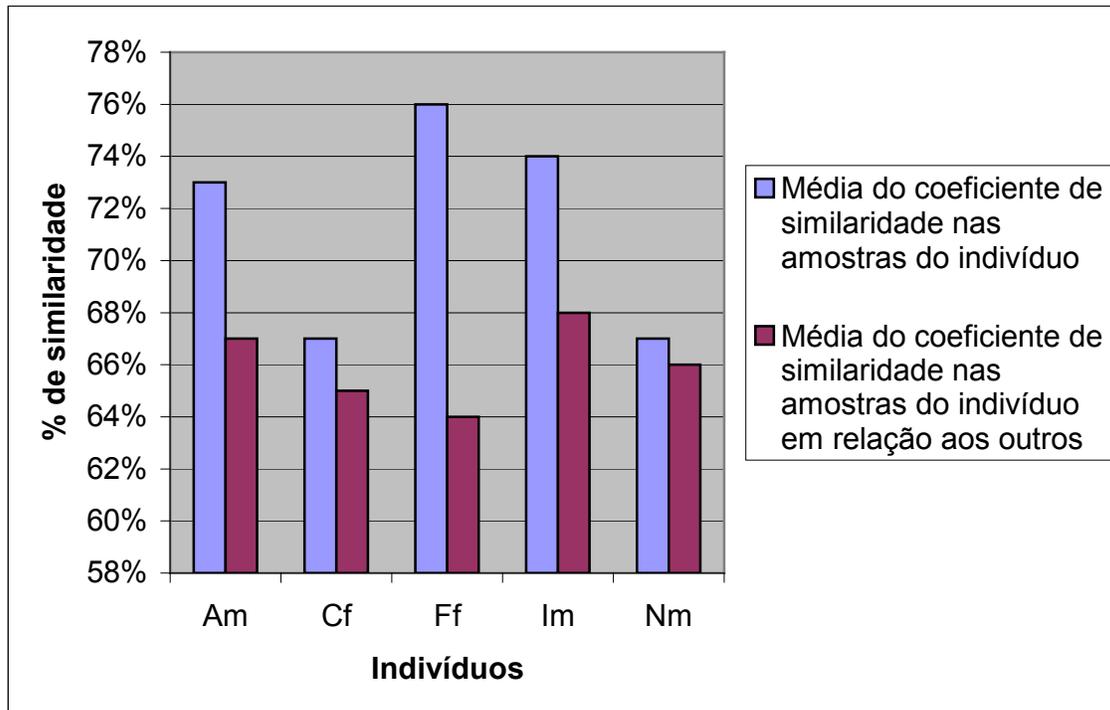


Gráfico 1. Porcentagem de similaridade entre as amostras dos indivíduos e eles mesmos e entre os indivíduos e os outros.

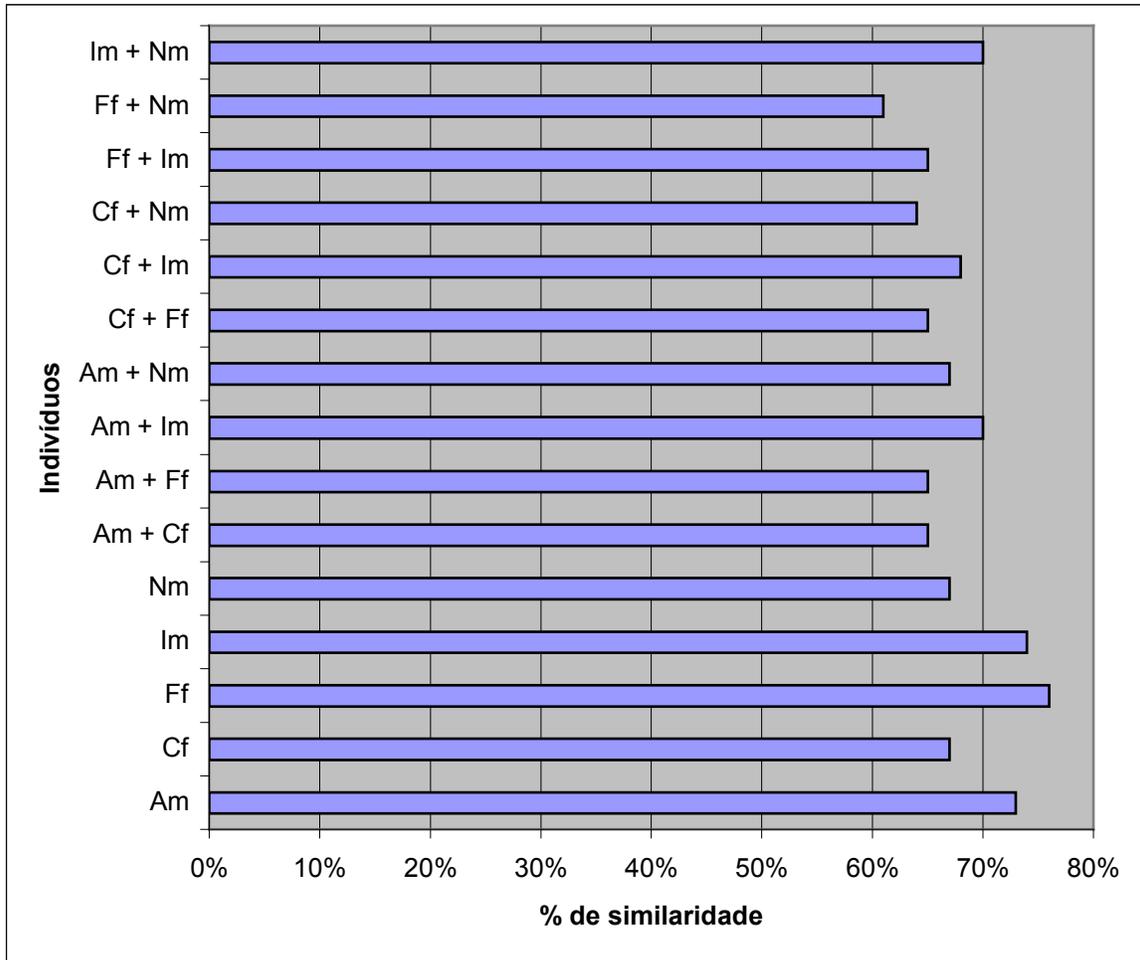


Gráfico 2. Porcentagem de similaridade dos indivíduos 2 a 2 e dos indivíduos com eles mesmos.

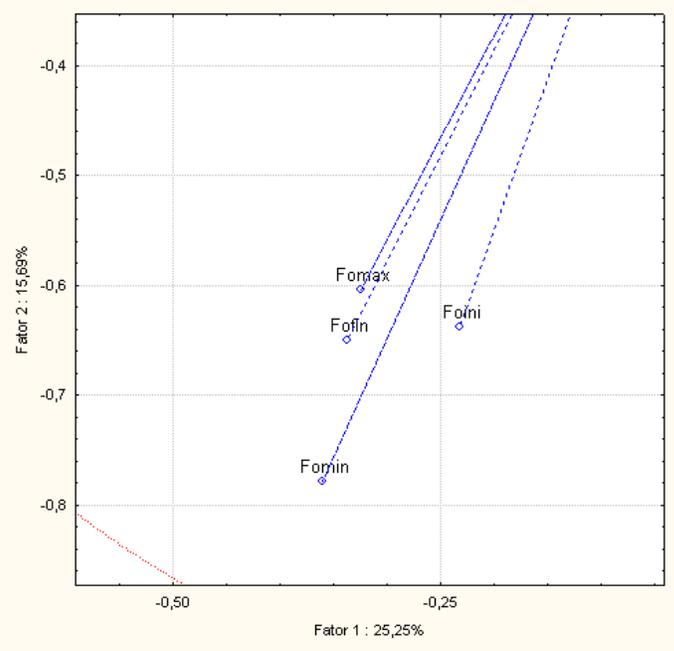
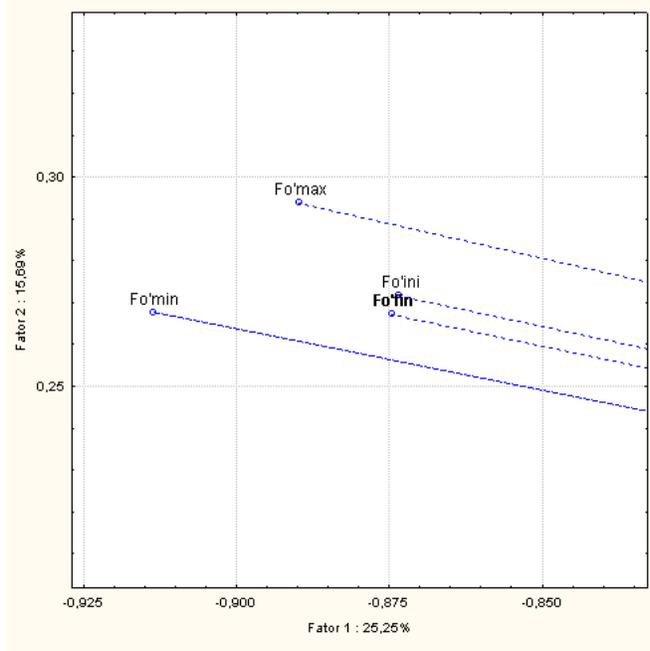
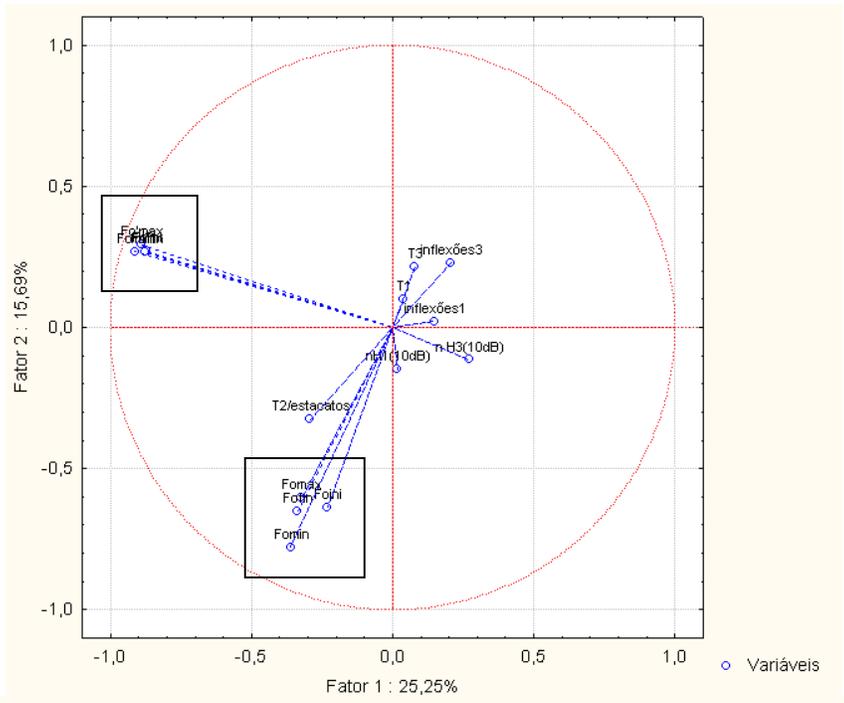


Gráfico 3. Projeção das variáveis no plano dos fatores componentes ( 1 X 2 ). Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin inversamente correlacionadas ao fator componente 1 de maior variância, 25,25%. E Fomin, Fofin, Fomax e Foini inversamente correlacionadas ao fator componente 2 de variância 15,69% . Relativa às 649 amostras.

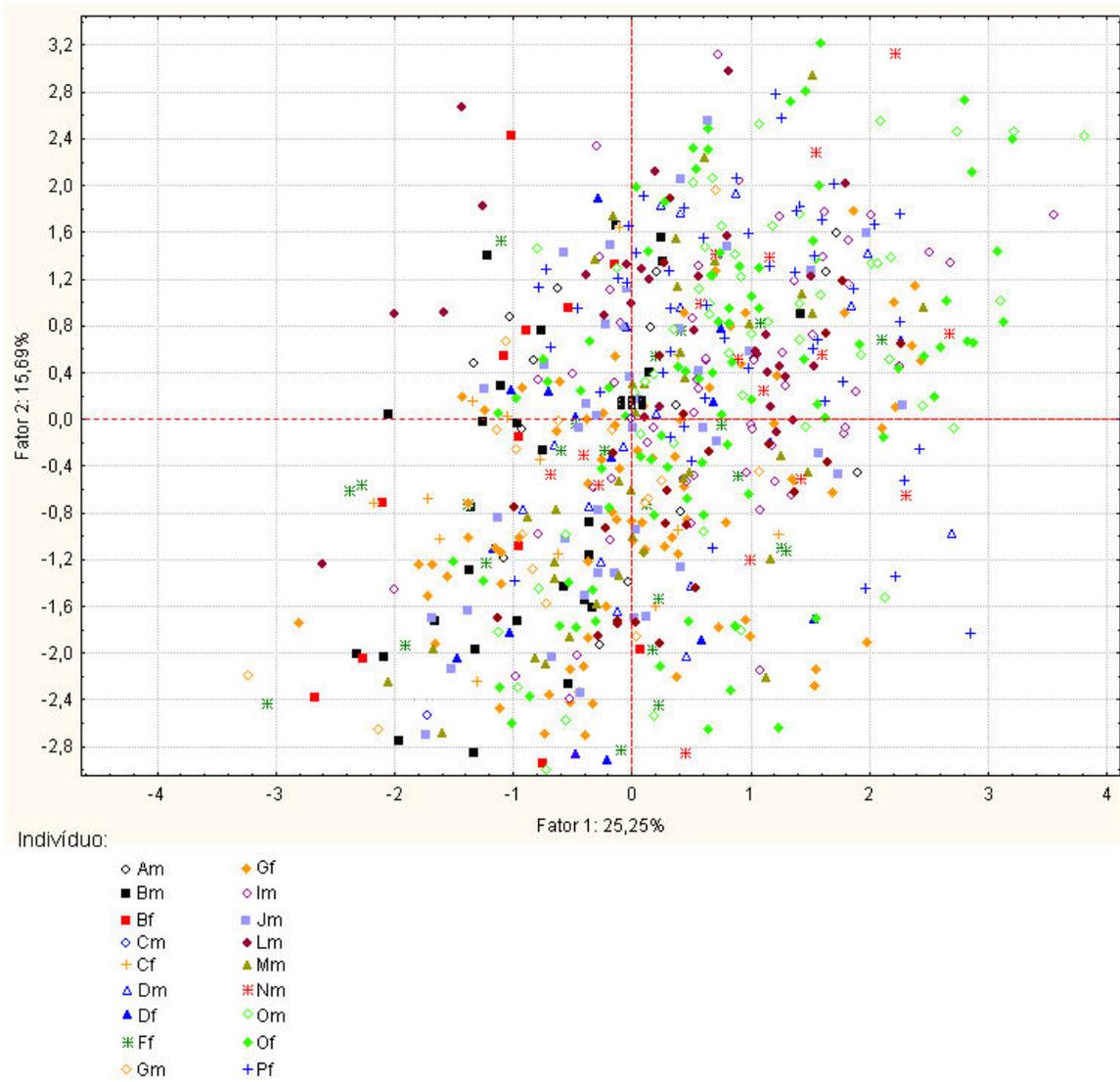


Gráfico 4. Projeção das amostras no plano dos fatores componentes (1 X 2). Amostras dispersas e misturadas. Referente às 649 amostras.

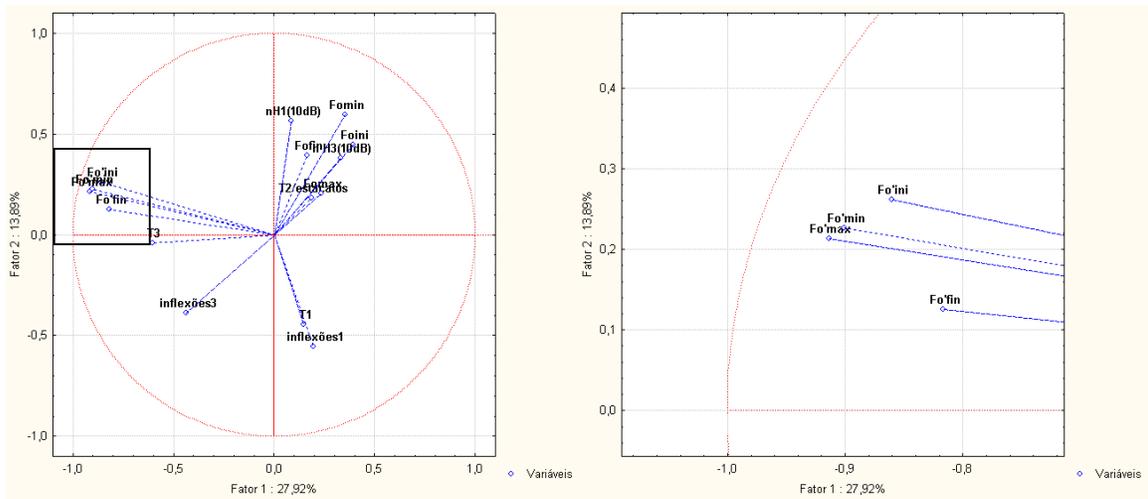


Gráfico 5. Projeção das variáveis no plano dos fatores componentes (1 X 2). Fo'min, Fo'max, Fo'ini e Fo'fin inversamente correlacionadas ao fator componente 1 de maior variância, 27,92%. Referente às 40 amostras pré-selecionadas.

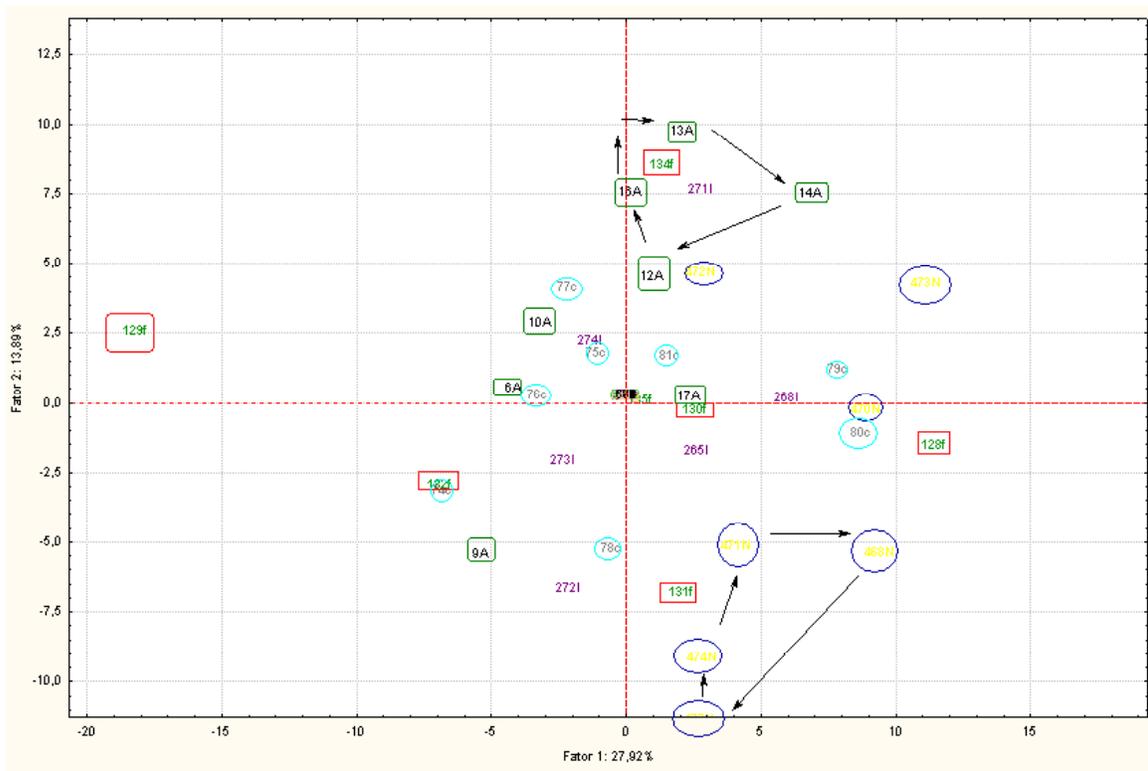


Gráfico 6. Projeção das amostras no plano dos fatores componentes (1 X 2). Amostras misturadas. Referente às 40 amostras pré-selecionadas.