

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS  
Instituto de Biologia  
Ciências Biológicas – Bacharelado



Trabalho de Conclusão de Curso

Som de chamado e seleção de sítios de estridulação de duas espécies simpátricas de Phylloscyrtini (Orthoptera, Gryllidae, Trigonidiinae)

**Gabriel Lobregat de Oliveira**

**GABRIEL LOBREGAT DE OLIVEIRA**

**SOM DE CHAMADO E SELEÇÃO DE SÍTIOS DE  
ESTRIDULAÇÃO DE DUAS ESPÉCIES SIMPÁTRICAS DE  
PHYLLOSCYRTINI (ORTHOPTERA, GRILLIDAE,  
TRIGONIDIINAE)**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Graduação em Ciências Biológicas – Bacharelado da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Ciências Biológicas.

Orientador: Prof. Dr. Edison Zefa

Pelotas, 2011

**Banca Examinadora:**

Prof. Dr. Edison Zefa

Prof. Dra. Ana Maria Rui

Prof. Dr. Flávio Roberto Mello Garcia

“O sentimento de admiração reverente que a ciência pode nos proporcionar é uma das experiências mais elevadas que a psique humana é capaz. É uma profunda paixão estética que se equipara às mais belas que a música e a poesia podem despertar. É na verdade uma das coisas que tornam a vida digna de ser vivida...”

Richard Dawkins

## **Agradecimentos**

Agradeço primeiramente aos meus pais, que nunca negaram esforços em me auxiliar durante toda a minha vida, sempre me apoiando e acreditando em mim. Todo esse trabalho não existiria sem a ajuda de vocês. Obrigado por tudo.

Ao meu orientador, Edison Zefa, pela dedicação imensurável, pelos ensinamentos, pela preocupação com a qualidade da minha formação, pelo humor contagiante, pelas conversas descontraídas e, principalmente, por me mostrar o exemplo de profissional que todos deveriam ser.

À Camila Cardoso Salomão, por me acompanhar e me apoiar durante todo esse tempo. Nossa amizade me traz alegria, e seu amor me dá forças pra enfrentar meus problemas e angústias. Sua ajuda, tanto direta quanto indireta, foi essencial para a realização desse trabalho, e agradeço todos os dias por ter você ao meu lado me fazendo feliz.

Aos amigos Alexandre, Darlan, Yuri, Eneko, Pablo, Theo e Fernando pelos bons momentos, pela conversa à toa nos laboratórios e corredores do DZG, pelas produtivas conversas sobre a vida, o universo e tudo mais, e pela ótima companhia que me proporcionaram nas horas do café.

Ao pessoal da turma, pelos momentos alegres e pelas festas que fizemos juntos, as quais renderam boas histórias para contarmos (ou não) aos netos. Aos bons momentos que ficarão para sempre na memória.

Aos professores que contribuíram com meu conhecimento em Biologia ao longo da faculdade, e me inspiraram a ser um bom professor quando chegar a hora.

À Prof. Ana Maria Rui pelas leituras, dicas e conselhos ao longo da produção deste trabalho.

Ao Prof. Carlos Frankl Sperber, por me receber em Viçosa e mesmo com a agenda lotada, reservar um espaço nela pra me auxiliar na análise estatística deste trabalho. Ao Marcelo Ribeiro Pereira por viabilizar minha estadia em Viçosa.

A Alexandre Neutzling, Darlan Redü, Luciano de Pinho Martins e Fernando Luz pela coleta de alguns dos espécimes utilizados no estudo.

Aos professores que aceitaram participar da banca de avaliação: Ana Maria Rui, Flávio Roberto Mello Garcia e César Jaeger Drehmer.

À minha família pelo suporte e pela ajuda durante essa e outras etapas da minha vida, e à família da minha namorada por me acolher de braços abertos aqui em Pelotas.

À molécula da cafeína que me manteve antenado durante os momentos de sono e desatenção na construção do TCC.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), processo nº 108644/2011-1, pela bolsa de iniciação científica.

Por fim, a todos aqueles que de alguma forma me ajudaram na realização desse trabalho.

## Resumo

OLIVEIRA, Gabriel Lobregat de. **Som de chamado e seleção de sítios de estridulação de duas espécies simpátricas de Phylloscyrtini (Orthoptera, Gryllidae, Trigonidiinae)**. 2011. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Ciências Biológicas (Bacharelado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

O som de chamado dos grilos tem como função atrair as fêmeas para o acasalamento, estando sujeito a fortes pressões seletivas. As diferenças que ocorrem no som de chamado de espécies simpátricas atuam como mecanismo de isolamento pré-copulatório e a eficiência na propagação sonora possibilita a atração de maior quantidade de fêmeas coespecíficas. Dessa forma, estratégias surgiram ao longo de sua evolução como a utilização de estruturas naturais como amplificadores, além da ocupação de sítios de estridulação adequados para a propagação acústica, de modo a evitar a atenuação promovida por barreiras naturais. *Phylloscyrtus amoenus* e *Cranistus colliurides* ocorrem em simpatria no sul do Rio Grande do Sul, e testamos a hipótese de que há diferenças no som de chamado e nos sítios de estridulação entre essas espécies, possibilitando que seus sinais acústicos sejam efetivos na atração de fêmeas coespecíficas. Analisamos e comparamos o som de chamado das duas espécies quanto aos parâmetros temporais e de frequência. Registramos e caracterizamos o comportamento dos machos durante a estridulação, a fim de determinar quais estratégias utilizam para amplificação de seus sinais acústicos. Caracterizamos e comparamos os sítios de estridulação quanto à altura em relação ao solo, à morfoespécie vegetal e à morfologia foliar. Constatamos diferenças nos parâmetros temporais do som de chamado, enquanto os parâmetros de frequência são semelhantes. *Phylloscyrtus amoenus* estridulou em locais mais elevados que *C. colliurides* e ocupou diferentes morfoespécies vegetais e morfologias foliares, porém não houve diferença dos seus sítios de estridulação quanto às dimensões das folhas utilizadas. Ambas as espécies utilizaram as folhas como amplificadores naturais e apresentaram o comportamento de direcionar os sinais acústicos em várias direções, ao mudar periodicamente sua posição no sítio de estridulação. Interações agressivas intra e interespecíficas foram registradas. A semelhança nos parâmetros de frequência entre as duas espécies não está de acordo com o que seria esperado para espécies simpátricas. Porém, parâmetros temporais distintos provavelmente são utilizados como caracteres de reconhecimento por fêmeas coespecíficas. As duas espécies ocuparam os mesmos sítios, porém diferiram na preferência quanto à altura e a vegetação. Registros de interações agressivas entre as duas espécies sugerem competição interespecífica por melhores sítios. Diferenças no som de chamado e na ocupação dos sítios de estridulação garantem mecanismos de isolamento pré-copulatório entre as duas espécies.

Palavras-chave: *Phylloscyrtus*. *Cranistus*. Grylloidea. Competição interespecífica. Comportamento. Estridulação.

## Abstract

OLIVEIRA, Gabriel Lobregat de. **Calling song and stridulating site selection of two sympatric Phylloscyrtini species (Orthoptera, Gryllidae, Trigonidiinae)**. 2011. 49f. Trabalho de Conclusão de Curso – Graduação em Ciências Biológicas (Bacharelado). Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Crickets calling song is associated to reproductive behaviour subjected to strong selective forces. Differences between calling song of sympatric species act as a pre-mating mechanism. The efficiency of sound propagation are adaptative since provides more mating opportunities to male. Thus, strategies evolved in crickets to avoid sound environment attenuation using natural amplifiers, as well as stridulating in strategic perches. *Phylloscyrtus amoenus* and *Cranistus colliurides* are sympatric at south Rio Grande do Sul. According to the presented assumptions, we tested the hypothesis that both species have different calling song parameters stridulating at different perches, allowing successful mating. We analyzed the calling song of both species and compared carrier frequency and temporal parameters. We also analyzed the features of the stridulation perches, such as height, vegetal morphospecies and leaf morphology. We characterized the calling behavior to determine which strategies they perform to amplify acoustic signals. We found differences at temporal parameters of the calling song. On the other hand carrier frequencies were similar in both species. *P. amoenus* stridulated on higher sites and occupied different vegetal morphospecies and leaf morphologies than those of *C. colliurides*. Differences in leaf size were not found. Both species have used leafs as natural amplifiers, and orientated their acoustic signals to several directions, changing body position on the perch. Intra and interspecific agonistic behaviour was registered. The similarity in calling song carrier frequency parameters of both species was not expected in sympatric species. However, differences in temporal parameters provide recognition characteristics for conspecific females to reach males. Both species have occupied similar sites, differing in height of the perches and vegetal morphospecies. Agonistic interactions showed that interspecific competition occurs.

Keywords: *Phylloscyrtus*. *Cranistus*. Grylloidea. Interspecific competition. Stridulation. Behavior.



## Lista de Figuras

Figura 1	Parâmetros temporais e de frequência do som de chamado de <i>Phylloscyrtus amoenus</i> e <i>Cranistus colliurides</i> . A: oscilograma de <i>P. amoenus</i> com sete pulsos e período do pulso de 0,014s; B: pulso com 63 ciclos sonoros e duração de 0,010s; C: oscilograma de <i>C. colliurides</i> com cinco pulsos e período do pulso de 0,02s; D: pulso com 89 ciclos sonoros e duração de 0,013s; E: sonograma de <i>P. amoenus</i> ; F: sonograma de <i>C. colliurides</i> .....	24
Figura 2	Valores dos parâmetros de frequência à esquerda e parâmetros temporais à direita, de <i>Phylloscyrtus amoenus</i> (n=25) e <i>Cranistus colliurides</i> (n=25). Linhas horizontais (de baixo para cima): valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valor máximo. Linhas verticais representam a amplitude. Pequenos círculos representam valores discrepantes.....	26
Figura 3	Espécime de <i>Cranistus colliurides</i> inclinando o corpo e as tégminas para direcionar o som para a concavidade da folha.	33
Figura 4	Espécime de <i>Phylloscyrtus amoenus</i> estridulando em diferentes regiões da folha ou em diferentes folhas, emitindo os sinais acústicos em várias direções.....	33
Figura 5	Espécimes de <i>Cranistus colliurides</i> (A) e <i>Phylloscyrtus amoenus</i> (B) estridulando no mesmo local em momentos distintos. <i>P. amoenus</i> após expulsar <i>C. colliurides</i> , utilizou o mesmo local na folha para estridular.....	34
Figura 6	Altura do sítio de estridulação de <i>Phylloscyrtus amoenus</i> e <i>Cranistus colliurides</i> em relação ao solo. Linhas horizontais (de baixo para cima): valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valor máximo. Linhas verticais representam a amplitude. Pequenos círculos representam valores discrepantes.....	35

## Lista de Tabelas

Tabela 1	Valores mínimos e máximos, média e desvio padrão dos parâmetros do som de chamado de <i>Phylloscyrtus amoenus</i> (n = 25) e <i>Cranistus colliurides</i> (n = 25).....	25
Tabela 2	Ocupação de diferentes morfoespécies de plantas por machos de <i>Phylloscyrtus amoenus</i> e <i>Cranistus colliurides</i> durante a estridulação. N = número de observações; % = porcentagem do total de observações.....	36
Tabela 3	Ocupação de morfologias do limbo foliar como sítio de estridulação por <i>Phylloscyrtus amoenus</i> e <i>Cranistus colliurides</i> . N = número de observações; % = porcentagem do total de observações.....	37

## Sumário

1 Introdução geral.....	12
1.1 Objetivos.....	13
1.1.1 Objetivo geral.....	13
1.1.2 Objetivos específicos.....	13
2 Revisão de literatura.....	15
2.1 Som de chamado.....	15
2.2 Sítios de estridulação e propagação do som.....	16
2.3 Comportamento e utilização de amplificadores sonoros.....	18
3 Metodologia geral.....	19
3.1 Área de estudo.....	19
3.2 Registro do som de chamado e sítios de estridulação.....	19
3.3 Análise do som e dos dados.....	20
4 Capítulo 1 – Comparação do som de chamado de duas espécies simpátricas de grilos Phylloscyrtini (Orthoptera, Trigonidiinae).....	22
4.1 Introdução.....	22
4.2 Metodologia.....	23
4.3 Resultados.....	24
4.4 Discussão.....	25
4.5 Conclusão.....	27
4.6 Referências bibliográficas.....	27
5 Capítulo 2 – Comportamento de emissão do som de chamado e seleção de sítios de estridulação de duas espécies simpátricas de grilos Phylloscyrtini (Orthoptera, Trigonidiinae).....	30
5.1 Introdução.....	30
5.2 Metodologia.....	31
5.3 Resultados.....	32
5.3.1 Comportamento durante a estridulação.....	32
5.3.2 Sítios de estridulação.....	35

5.4 Discussão.....	37
5.4.1 Comportamento durante a estridulação.....	37
5.4.2 Sítios de estridulação.....	38
5.5 Conclusão.....	39
5.6 Referências bibliográficas.....	40
6 Discussão geral.....	43
7 Conclusões gerais.....	45
Referências bibliográficas.....	46

## 1 Introdução geral

A comunicação acústica é bastante comum em muitos táxons animais e está relacionada às questões reprodutivas, agonísticas e territoriais (BAILEY, 1991; FORREST, 1994; HUBBER et al., 1989; LEROY, 1979; RIEDE, 1993, 1997). Dentre os sinais acústicos do repertório dos animais, o som de chamado é o melhor estudado, devido a sua aplicação na sistemática e sua importância em processos ecológicos e evolutivos, uma vez que sua função principal é atrair as fêmeas para o acasalamento, atuando como mecanismo de isolamento pré-copulatório (ALEXANDER, 1957a; BENEDIX; HOWARD, 1991; MOUSSEAU; HOWARD, 1998).

Os grilos se comunicam por meio de sinais acústicos produzidos pelos machos através do atrito de estruturas especializadas das asas anteriores (ALEXANDER, 1957a; WALKER, 1962). O som de chamado apresenta dois componentes principais, a frequência e os padrões temporais (DESUTTER-GRANDCOLAS, 1998; WALKER, 1962). Os parâmetros que estruturam esses componentes são distintos em espécies simpátricas e sincrônicas, compondo informações que são reconhecidas por fêmeas coespecíficas (ALEXANDER, 1957a,b; HONDA-SUMI, 2005).

A distância que um sinal acústico se propaga é influenciada por fatores como a interferência produzida por sons do ambiente, o tipo de vegetação (FORREST, 1994; WILEY; RICHARDS, 1978), bem como a altura do local de emissão do som em relação ao solo (ARAK; EIRIKSSON, 1992; PAUL; WALKER, 1979; MARTEN; MARLER, 1977).

Animais que propagam seus sons de chamado por maiores distâncias são mais efetivos na atração de fêmeas coespecíficas, aumentando as chances de acasalamento (MORTON, 1975). Desta forma, os grilos otimizaram o alcance de seus sinais acústicos utilizando amplificadores naturais (BENNET-CLARK, 1987; FORREST, 1982; PROZESKY-SHULZE et al., 1975), além de escolher sítios de estridulação adequados para evitar a atenuação causada por barreiras naturais ou pelo solo (ARAK; EIRIKSSON, 1992; MARTEN; MARLER, 1977; PAUL; WALKER, 1979; WILEY; RICHARDS, 1978).

Em habitats onde muitas espécies se comunicam ao mesmo tempo, estratégias evoluíram para evitar a sobreposição de sinais, incluindo a produção de sinais acústicos em diferentes bandas de frequência (RIEDE, 1993; ZEFA, 2006) ou em horários distintos (RIEDE, 1997; SUEUR, 2002), e a ocupação de diferentes tipos de vegetação (DIWAKAR; BALAKRISHNAN, 2007; HÖDL, 1977), bem como o posicionamento em diferentes alturas em relação ao solo (DIWAKAR; BALAKRISHNAN, 2007; SUEUR; AUBIN, 2003).

Os grilos fornecem bom material para análise de questões adaptativas, referentes à produção, amplificação e propagação de informações por meio de sinais acústicos (PAUL; WALKER, 1979; PROZESKY-SHULZE et al., 1975; WALKER, 1962). *Phylloscyrtus amoenus* (Burmeister, 1880) e *Cranistus colliurides* (Stål, 1860) ocorrem em simpatria no sul do Rio Grande do Sul. De acordo com os pressupostos estabelecidos, esperamos encontrar diferenças no som de chamado e na ocupação dos sítios de estridulação, além de estratégias comportamentais para amplificação de seus sinais acústicos, como forma de aprimorar sua propagação sonora e evitar a interferência acústica entre o som de chamado das duas espécies.

## **1.1 Objetivos**

### **1.1.1 Objetivo Geral**

Caracterizar o som de chamado de *P. amoenus* e *C. colliurides* e determinar alguns elementos sonoros e de habitat que permitem a atividade sincrônica de estridulação desses grilos, para que o som de chamado seja efetivo na atração de fêmeas coespecíficas.

### **1.1.2 Objetivos Específicos**

- a) Registrar, caracterizar e comparar a frequência e os parâmetros temporais do som de chamado das espécies;
- b) Determinar e comparar a preferência das duas espécies pela altura dos sítios de estridulação em relação ao solo;
- c) Descrever o comportamento durante a estridulação e verificar as estratégias utilizadas para a amplificação dos sinais acústicos.

d) Caracterizar e comparar as morfoespécies vegetais, a morfologia do limbo foliar e as dimensões das folhas das plantas utilizadas por ambas as espécies para estridular;

## 2 Revisão de literatura

Nesta revisão serão abordados separadamente, e de forma cronológica, os temas: som de chamado, seleção de sítios e propagação sonora, e comportamento e utilização de amplificadores sonoros, sendo apresentados os principais textos encontrados na literatura sobre essa temática tanto em Orthoptera como em outros táxons.

### 2.1 Som de chamado

O som de chamado é um importante caráter taxonômico de espécies crípticas de grilos, como foi demonstrado por Alexander (1957) ao analisar o som de várias espécies de *Gryllus* do leste dos EUA. Walker (1957) demonstrou sua importância como mecanismo de isolamento pré-copulatório ao avaliar a fonotaxia de fêmeas de nove espécies simpátricas de Oecanthinae, verificando a resposta positiva ao som de chamado coespecífico e negativa ao som de outras espécies.

O processo de produção sonora dos grilos foi descrito por Walker (1962). O som é gerado pelo atrito do *plectrum* presente na tégmina esquerda, com a fileira estridulatória da tégmina direita, durante o fechamento das tégminas, gerando ondas sonoras pela vibração de regiões especializadas como a harpa e o espelho. O autor determinou os diferentes componentes dos sinais acústicos, como a taxa de pulso, taxa de chirp e frequência sonora, e avaliou o efeito da temperatura, umidade, intensidade luminosa e movimentos do ar sobre esses parâmetros em várias espécies de Gryllidae, demonstrando que a temperatura é um fator que interfere nos parâmetros temporais do som de chamado.

Pollack e Roy (1979) compararam a fonotaxia de fêmeas de *Teleogryllus oceanicus* (Le Guillou, 1841) ao som de chamado dos machos coespecíficos, incluindo versões com ritmos modificados em laboratório, e ao som de chamado de *T. commodus* que possui parâmetros temporais diferentes de *T. oceanicus*. As fêmeas foram atraídas pelo som de chamado natural e modificado, mas não pelo som de *T. commodus*, evidenciando que nessas espécies, a eficiência na atração de fêmeas coespecíficas.



está relacionada aos valores dos parâmetros temporais e não ao ritmo de emissão dos mesmos.

Em ambientes com alta diversidade, onde muitas espécies se comunicam por meio de sinais acústicos ao mesmo tempo, estratégias surgiram para evitar a sobreposição de sinais (RIEDE, 1993, 1997). Riede (1993) avaliou a diversidade de Ensifera de uma floresta tropical no Equador através do inventariamento por meio do som de chamado. O autor verificou a estratificação dos sons das diversas espécies em diferentes faixas de frequência, sugerindo uma estratégia para evitar a sobreposição dos sinais. Em 1997, Riede analisou o horário de atividade acústica dos animais de uma floresta tropical em Borneo e constatou que a maioria das espécies é ativa ao entardecer, restringindo a faixa de tempo que podem emitir seus sinais sem que haja sobreposição acústica, ao contrário das poucas espécies ativas durante o dia e que emitem seus sinais por maior período, com menor sobreposição em relação ao som de outras espécies.

Diferenças no som de chamado de espécies simpátricas são necessárias para evitar a hibridização de espécies próximas (HONDA-SUMI, 2005; POLLACK; HOY, 1978). Honda-Sumi (2005) comparou o som de chamado e a fonotaxia de fêmeas de espécies simpátricas e alopátricas de *Teleogryllus* e verificou que as espécies que ocorrem em simpatria possuem maiores diferenças nos componentes do som de chamado que as espécies alopátricas, sendo os parâmetros temporais mais importantes no reconhecimento sonoro das fêmeas que os parâmetros de frequência.

## **2.2 Sítios de estridulação e propagação sonora**

Morton (1975), ao comparar sinais acústicos artificiais e sinais acústicos de aves quanto à propagação em três diferentes habitats, verificou uma alta compatibilidade entre a frequência sonora do som de chamado e as frequências melhor propagadas nos habitats que as aves ocupam, indicando que a seleção sobre os sinais que melhor se propagam promove a adaptação do som de chamado dessas espécies ao ambiente que elas ocupam.

Em 1977, Hödl estudou uma assembléia composta por 15 espécies de anuros quanto ao som de chamado e ao local de vocalização, e verificou a distribuição das espécies em cinco diferentes fisionomias vegetais. Espécies que compartilhavam a mesma fisionomia vegetal possuíam som de chamado mais

distinto entre elas do que em comparação com espécies de outras fisionomias. O autor sugeriu que as diferenças na fisionomia vegetal ocupada pelas espécies podem ser importantes no isolamento reprodutivo das espécies.

Marten e Marler (1977) estudaram a propagação sonora quanto à frequência do sinal acústico, ao tipo de habitat e à altura da fonte sonora em campos abertos, florestas decíduas e florestas de coníferas. Verificaram que a altura em relação ao solo e a frequência sonora afetam de forma mais expressiva a atenuação do som, do que o tipo de habitat. Em locais mais elevados, os efeitos de atenuação do solo são minimizados e frequências mais baixas são menos absorvidas pelos obstáculos da vegetação.

O sucesso reprodutivo pode estar relacionado a sítios que não possuem propriedades ótimas para a propagação do som (ARAK; EIRIKSSON, 1992; PAUL; WALKER, 1979). Paul e Walker (1979) demonstraram isso ao observar que alguns machos de *Anurogryllus arboreus* Walker, 1973 estridulam em troncos e galhos, enquanto outras espécies congênicas estridulam exclusivamente em tocas construídas no solo. O alcance do som de chamado aumenta cerca de 14 vezes quando os machos estridulam a um metro acima do solo, porém, os machos que estridulam em tocas no solo são mais atrativos para as fêmeas, pois as tocas são utilizadas para a oviposição.

Arak e Eiriksson (1992) avaliaram a propagação de sinais emitidos em diferentes alturas e a seleção dos sítios de estridulação de *Tettigonia viridissima* (Linnaeus, 1758) quanto à altura em relação ao solo. Os autores verificaram aumento de cerca de sete vezes na área de alcance dos sinais quando emitidos a um metro acima da vegetação circundante. Porém, os machos se agregaram entre 0,25 e 0,5m acima da vegetação, contrapondo a ocupação de lugares que aumentam a propagação sonora e indicando que outros processos como a competição e a predação podem estar atuando na escolha de sítios de estridulação.

Sueur (2002) analisou e comparou uma assembléia de Cicadidae quanto ao som de chamado, horário de atividade, comportamento de emissão dos sinais e escolha de sítios de chamado. Demonstrou que espécies com frequência do som de chamado parecidas estridulavam em horários ou microhabitats distintos, além de ocupar diferentes alturas, como estratégia para evitar a sobreposição dos seus sinais.

Diwakar e Balakrishnan (2007) verificaram que as espécies que compõem a assembléia de Ensifera de uma floresta tropical se distribuem em alturas diferentes, porém não houve relação entre os parâmetros do som e a altura que cada espécie ocupava.

### **2.3 Comportamento e utilização de amplificadores sonoros**

Prozesky-Shulze et al. (1975) realizaram observações em campo e registros sonoros de várias espécies de Oecanthinae na África do Sul e verificaram, em três espécies de *Oecanthus*, a utilização de orifícios em forma de pêra nas folhas para posicionar as tégminas durante a estridulação. Comparações entre oscilogramas mostraram aumento de 2,5 a 3,5 vezes na amplitude sonora quando os grilos realizavam esse comportamento ao estridular.

Forrest (1982) revisou o comportamento de utilização de amplificadores sonoros em Grylloidea, como folhas e tocas construídas no solo, discorrendo sobre sua funcionalidade como estratégia para tornar os sinais acústicos mais efetivos a longas distâncias, sem a necessidade de aumento no gasto energético durante a estridulação.

Bennet-Clark (1987) descreveu o comportamento de construção de tocas no solo por *Scapteriscus acletus* Renh & Hebard, 1916, verificando de que modo são construídas e se a toca é utilizada como um amplificador dos sinais acústicos. Durante a construção o animal eventualmente emite sinais, com aumento gradual de amplitude. Ao final da construção da toca ocorre aumento total de 18dB nos sinais, demonstrando sua funcionalidade como um amplificador sonoro.

### **3 Metodologia geral**

#### **3.1 Área de estudo**

O trabalho foi realizado no município de Capão do Leão, no sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul na fisionomia das Formações Pioneiras, Brasil, em uma área de aproximadamente 60 x 50m (31°48'05" S, 52°25'08" O), composta por uma plantação de *Eucalyptus* sp. de aproximadamente 50 anos, com plantas rasteiras, arbustos e árvores de até 4 m de altura compondo um sub-bosque, no Campus Universitário da Universidade Federal de Pelotas.

O Clima no local é Temperado Mesotérmico Superúmido, com temperatura média anual entre 17°C e 18,6°C, sendo a temperatura média do mês mais frio de 12,3°C e do mês mais quente de 23,2°C; a precipitação anual média é de 1366,9 mm com chuvas distribuídas regularmente ao longo do ano (ESTAÇÃO AGROCLIMATOLÓGICA DE PELOTAS, 2010).

#### **3.2 Registro do som de chamado e sítios de estridulação**

Realizamos as coletas de janeiro de 2011 a abril de 2011, das 14h às 17h. Os indivíduos foram localizados a partir do som de chamado, o qual foi registrado no campo ou em laboratório, com Gravador Digital Portátil (DAT) Sony PCM-M1 e microfone Sennheiser K6/ME80. Registramos a temperatura ambiente no local e no momento da estridulação, com auxílio de termômetro de mercúrio.

O comportamento de estridulação de cada espécie foi registrado com auxílio de filmadora Sony DCR-SR68 e descrito a partir de observações com duração de 5 a 10min para cada espécime localizado.

Caracterizamos o sítio de estridulação coletando amostras das plantas para determinar a morfoespécie vegetal e obter dados morfológicos das folhas. As plantas coletadas foram analisadas quanto à classificação do limbo foliar de acordo com Bell (2008), e quanto ao comprimento e a largura da folha. A altura do sítio de estridulação em relação ao solo foi amostrada com auxílio de fita métrica.

Depositamos os espécimes voucher na coleção do Laboratório de Zoologia de Invertebrados, Depto. de Zoologia e Genética, Universidade Federal de Pelotas (UFPel).

As seqüências do som de chamado foram depositadas no “Orthoptera Species File Online” (<http://osf2.orthoptera.org/Homepage.aspx>).

### 3.3 Análise do som e dos dados

Analizamos o som de chamado através do software Avisoft-SASlab, digitalizado em frequência de amostragem de 22050 Hz. Sonogramas foram gerados com as seguintes configurações: resolução 16 bit, Fast Fourier Transformation (FFT)-Lenght 256, *frame* 12.5%, *window hamming*.

Selecionamos uma seqüência de um segundo do som de chamado de cada espécime para analisar a banda de frequência (intervalo entre frequência máxima e mínima), a frequência dominante (frequência com maior intensidade sonora) e a taxa de pulso (número de pulsos emitidos por segundo). Obtivemos o período do pulso (intervalo de tempo entre a primeira onda sonora de um pulso e a primeira onda sonora do pulso subsequente) e o número de ondas sonoras por pulso a partir de 10 pulsos. Consideramos como pulso o conjunto de ondas sonoras produzidas durante um movimento de fechamento das tégminas.

A taxa de pulso é altamente influenciada pela temperatura (WALKER, 1962). Desta forma, padronizamos seus valores para 25°C através de uma adaptação da fórmula matemática proposta por Walker (2000). Para as outras variáveis desconsideramos a diferença da temperatura nas amostragens devido à menor influência sobre elas (WALKER, 1962).

Comparamos o som de chamado entre as duas espécies, ajustando modelos lineares generalizados (GLM) e então aplicamos o teste estatístico ANOVA para cada variável amostrada. Realizamos a mesma análise para comparar a altura dos sítios de estridulação em relação ao solo, sendo os dados  $\log_{10}$ -transformados após análise de resíduos.

Ajustamos um modelo linear misto (LME), com as medidas da folha (cm) como variável resposta e como efeitos fixos: dimensão (largura x comprimento da folha), morfoespécie de planta e espécie de grilo utilizando a folha como sítio de estridulação. Ajustamos as observações (n=55) como efeito aleatório e então

aplicamos o teste estatístico ANOVA. Para as análises descritas acima utilizamos o software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Comparamos a preferência por morfoespécies de plantas e morfologias foliares entre as duas espécies, através do Teste G, com auxílio do software BioEstat (AYRES et al., 2007).

## 4 Capítulo 1 – Comparação do som de chamado de duas espécies simpátricas de grilos *Phylloscyrtini* (Orthoptera, Trigonidiinae)

### 4.1 Introdução

A comunicação intra-específica dos grilos ocorre por meio de sinais acústicos produzidos pelos machos através de suas asas anteriores (ALEXANDER, 1957a; WALKER, 1962). O som é produzido quando a fileira estridulatória presente na tégmina direita é raspada pelo *plectrum*, localizado na tégmina esquerda (WALKER, 1962). A energia mecânica passada do *plectrum* para os dentes promove vibração de áreas especializadas da tégmina, produzindo pulsos sonoros (BENNET-CLARK, 1989; KOCH et al., 1988; LEROY, 1979; WALKER, 1962).

Os primeiros grilos surgiram há cerca de 150 milhões de anos (SHAROV, 1971) e, desde então, os sinais acústicos foram sujeitos a fortes pressões seletivas, devido a sua importância no processo reprodutivo, atraindo fêmeas para o acasalamento (ALEXANDER, 1957a, 1962; OTTE, 1992), e fornecendo informações das qualidades genéticas do macho (SIMMONS, 1988; SIMMONS; RITCHIE, 1996; SIMMONS; ZUK, 1992).

Estratégias surgiram ao longo da evolução dos grilos evoluíram para organizar os ritmos e as frequências sonoras, de modo a evitar sobreposição de sinais, especialmente em ambientes com grande riqueza e abundância de espécies, como ocorre em florestas tropicais e subtropicais (LEROY, 1979; OTTE, 1992; RIEDE, 1993; ZEFA, 2006).

Populações de *Phylloscyrtus amoenus* e *Cranistus colliurides* ocorrem em simpatria no sul do Rio Grande do Sul, estridulando durante o dia e noite. Assumindo que espécies simpátricas de grilos que estridulam ao mesmo tempo produzem sinais acústicos distintos (ALEXANDER, 1962; OTTE, 1992; WALKER, 1957, 1962), nesse trabalho caracterizamos e comparamos os parâmetros estruturais, temporais e de frequência do som de chamado de *P. amoenus* e *C. colliurides*, a fim de verificar estruturas que permitem que o som dos machos seja efetivo em atrair fêmeas coespecíficas.

## 4.2 Metodologia

Coletamos espécimes de *P. amoenus* e *C. colliurides* de janeiro a abril de 2011 em uma plantação antiga de *Eucalyptus* sp. com plantas rasteiras e arbustos e árvores de até 4m de altura compondo um sub-bosque no Campus Universitário da Universidade Federal de Pelotas (31°48'05" S, 52°25'08" O).

Localizamos os espécimes a partir do som de chamado, o qual foi registrado em campo ou em laboratório com Gravador Digital Portátil (DAT) Sony PCM-M1 e microfone Sennheiser K6/ME80. Para cada gravação incluímos as seguintes informações: data, hora e temperatura no momento da estridulação.

Analisamos o som de chamado de 25 espécimes de *P. amoenus* e 25 de *C. colliurides* através do software Avisoft-SASlab, digitalizado em frequência de amostragem de 22050 Hz, e sonogramas foram gerados com as seguintes configurações: resolução 16 bit, Fast Fourier Transformation (FFT)-Lenght 256, *frame* 12.5%, *window hamming*.

Selecionamos uma sequência de um segundo do som de chamado de cada espécime para analisar a banda de frequência (intervalo entre frequência máxima e mínima), a frequência dominante (frequência com maior intensidade sonora) e a taxa de pulso (número de pulsos emitidos por segundo). Obtivemos o período do pulso (intervalo de tempo entre a primeira onda sonora de um pulso e a primeira onda sonora do pulso subsequente) e o número de ondas sonoras por pulso (Fig. 1B, D) a partir de 10 pulsos. Consideramos como pulso o conjunto de ondas sonoras produzidas durante o movimento de fechamento das tégminas (Fig. 1A-E).

A taxa de pulso é altamente influenciada pela temperatura (WALKER, 1962). Desta forma, padronizamos seus valores para 25°C através de uma adaptação da fórmula matemática proposta por Walker (2000). Para as outras variáveis desconsideramos a diferença da temperatura nas amostragens devido à menor influência sobre elas (WALKER, 1962).

Para avaliar a diferença entre o som de chamado das duas espécies, ajustamos modelos lineares generalizados (GLM) com a espécie de grilo como variável explicativa e os parâmetros do som de chamado como variáveis respostas, e aplicamos uma ANOVA para cada modelo, com auxílio do software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, 2011).

Depositamos os espécimes voucher na coleção do Laboratório de Zoologia de Invertebrados, Depto. de Zoologia e Genética, Universidade Federal de Pelotas.



Uma sequência do som de chamado de cada espécie foi depositada no “Orthoptera Species File Online” (<http://osf2.orthoptera.org/HomePage.aspx>).

### 4.3 Resultados

Em ambas as espécies, o som de chamado é um *trill* constituído por uma sequência repetitiva e ininterrupta de pulsos (Figs. 1E-F). A frequência sonora e os parâmetros temporais se encontram na Tabela 1.

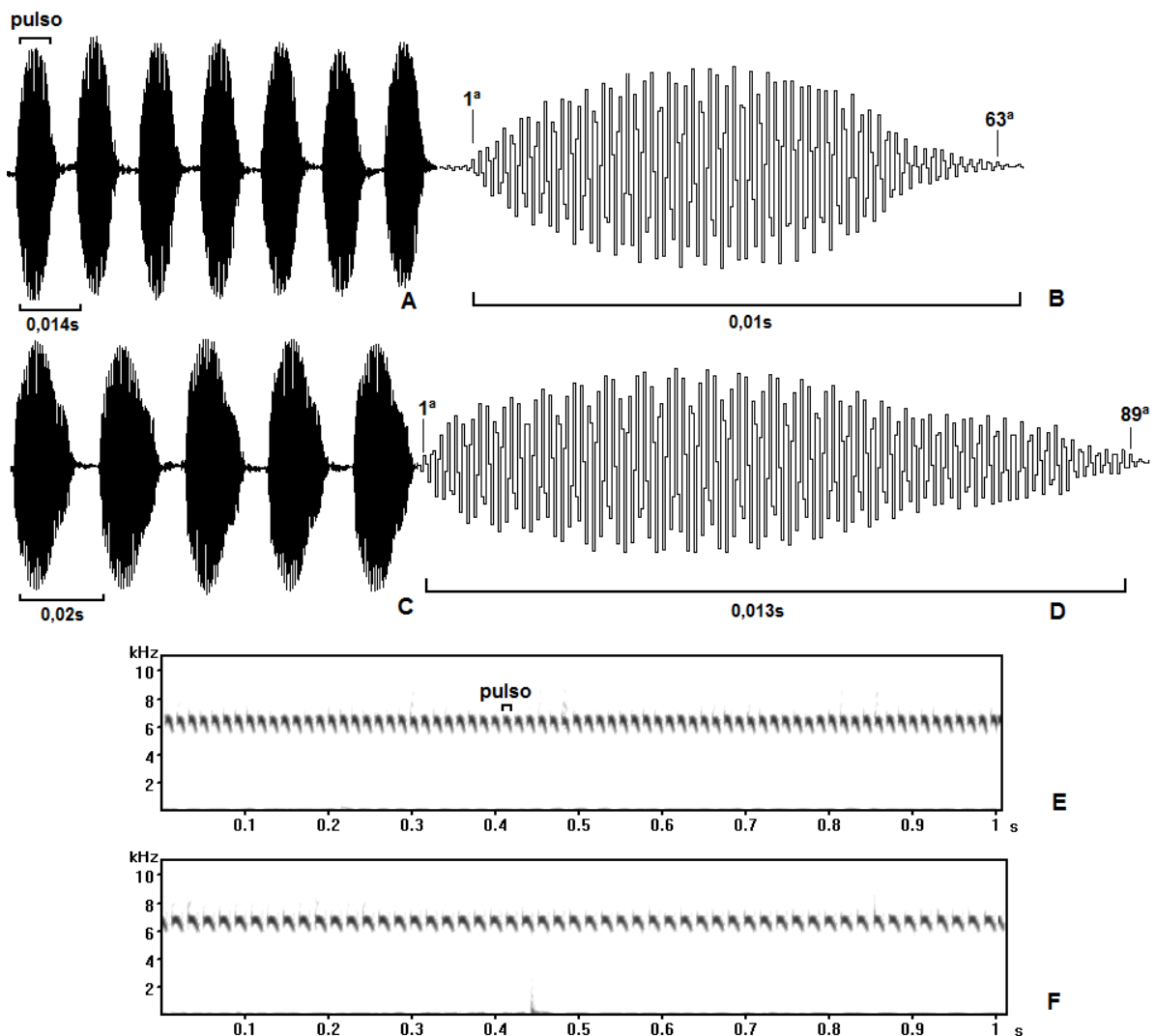


Figura 1 – Parâmetros temporais e de frequência do som de chamado de *Phylloscyrtus amoenus* e *Cranistus colliurides*. A: oscilograma de *P. amoenus* com sete pulsos e período do pulso de 0,014s; B: pulso com 63 ciclos sonoros e duração de 0,010s; C: oscilograma de *C. colliurides* com cinco pulsos e período do pulso de 0,02s; D: pulso com 89 ciclos sonoros e duração de 0,013s; E: sonograma de *P. amoenus*; F: sonograma de *C. colliurides*

Tabela 1 – Valores mínimos e máximos, média e desvio padrão dos parâmetros do som de chamado de *Phylloscyrtus amoenus* (n = 25) e *Cranistus colliurides* (n = 25)

Espécie	Taxa de pulso	Período do pulso (s)	Nº de ondas sonoras por pulso	Frequência dominante (Hz)	Frequência máxima (Hz)	Frequência mínima (Hz)
<i>P. amoenus</i>	64,4 ± 2,7 (62,1 - 71,5)	0,013 ± 0,0011 (0,012 - 0,015)	54,8 ± 5,3 (44,4 - 62,9)	6782,2 ± 409,1 (5838 - 7511)	7363 ± 408,9 (6459 - 8010)	5942,6 ± 421,1 (4909 - 6546)
<i>C. colliurides</i>	48,5 ± 1,3 (46,6 - 56,6)	0,019 ± 0,00097 (0,018 - 0,022)	84,8 ± 7,5 (69,3 - 95,2)	6709 ± 295,3 (6053 - 7269)	7172 ± 282,8 (6546 - 7665)	5985,7 ± 280,9 (5167 - 6459)

Não há diferença na frequência dominante e frequência mínima do som de chamado de *P. amoenus* e *C. colliurides* (frequência dominante:  $F_{1,48} = 0,50$ ,  $p = 0,48$ ; frequência mínima:  $F_{1,48} = 0,24$ ,  $p = 0,62$ , Fig. 2A-B). A frequência máxima difere entre as espécies ( $F_{1,48} = 4,29$ ,  $p = 0,04$ , Fig. 2C). Porém, as maiores diferenças no som de chamado se encontram nos parâmetros temporais (taxa de pulso:  $F_{1,39} = 601,46$ ,  $p < 0,001$ ; período do pulso:  $F_{1,46} = 401,12$ ,  $p < 0,0001$ ; número de ondas sonoras por pulso:  $F_{1,30} = 172,97$ ;  $p < 0,0001$ , Fig. 2D-F). Nenhum dos parâmetros temporais teve sobreposição de valores entre as espécies.

#### 4.4 Discussão

O som de chamado de *P. amoenus* e *C. colliurides* é um *trill* uniforme com parâmetros temporais e de frequência produzidos continuamente por um longo período de tempo. A relativa simplicidade desta estrutura sonora sugere que ela pode ser menos derivada quando comparada com o som de chamado de *Phyllopalpus pulchellus* Uhler, 1864 (OTTE, 1992), a única espécie de Phylloscyrtini com o som já analisado, a qual produz *chirps* complexos e estruturados em grupos com diferente número de pulsos (OTTE, 1992; WALKER, 1962; WALKER; MOORE, 2011).

A semelhança nos parâmetros de frequência do som de *P. amoenus* e *C. colliurides* refuta o modelo de exclusão de frequências proposto por Leroy (1979) para espécies simpátricas e sincrônicas. Esse modelo propõe que diferentes sons de chamados se distribuem em bandas de frequência distintas, prevenindo a sobreposição dos sinais acústicos e tornando-os mais efetivos na atração de fêmeas coespecíficas. Tal organização dos sons de chamado já foi observada em assembleias de Ensifera de florestas tropicais (RIEDE, 1993; ZEFA, 2006; DIWAKAR; BALAKRISHNAN, 2007).

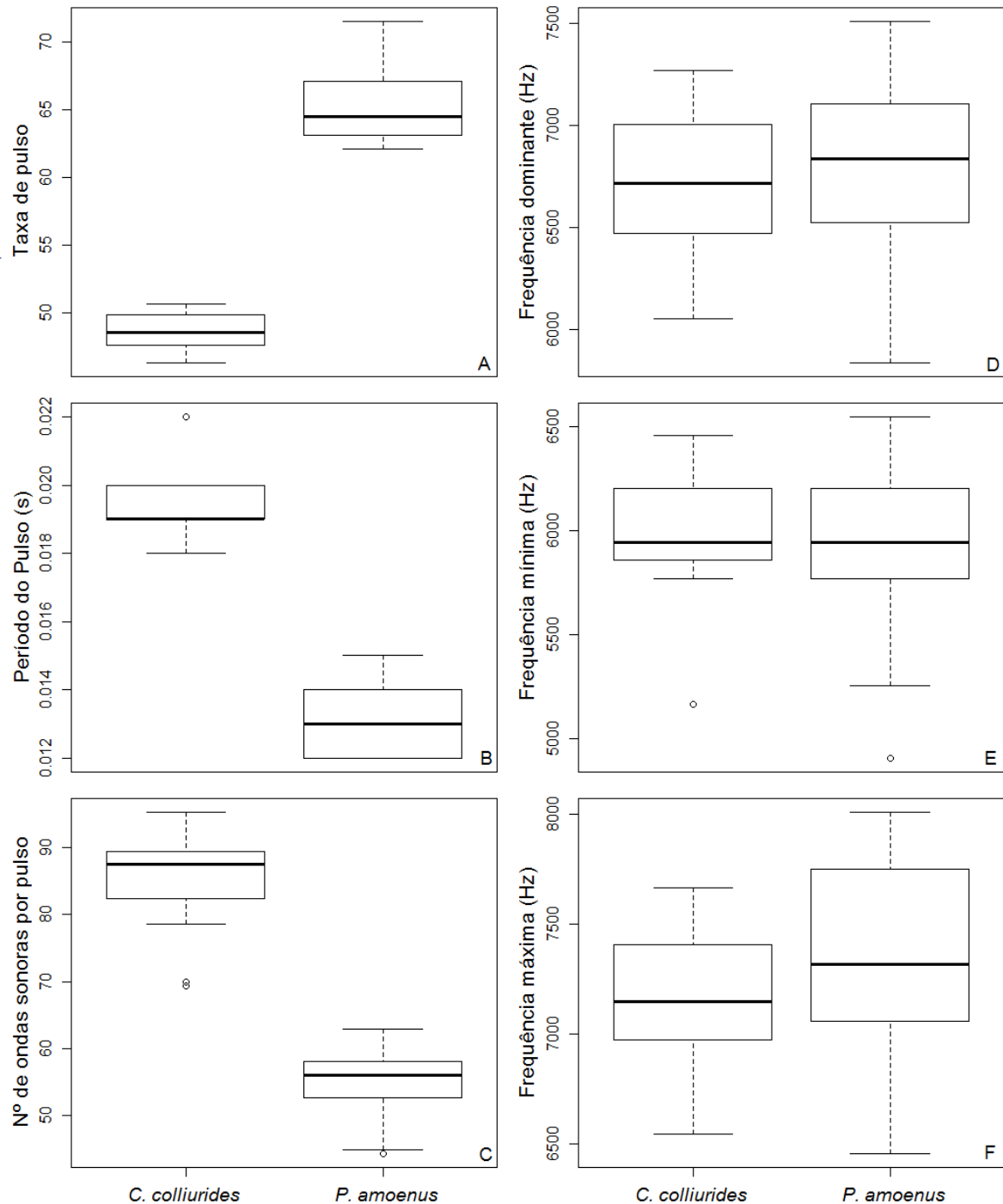


Figura 2 - Valores dos parâmetros de frequência à esquerda e parâmetros temporais à direita, de *Phylloscyrtus amoenus* (n=25) e *Cranistus colliurides* (n=25). Linhas horizontais (de baixo para cima): valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valor máximo. Linhas verticais representam a amplitude. Pequenos círculos representam valores discrepantes.

Os parâmetros de frequência de *P. amoenus* e *C. colliurides* estão relacionados com sua autoecologia. A vegetação onde essas espécies estridulam é constituída de folhas e galhos não muito maiores que cinco centímetros em diâmetro. Ambas estridulam em frequências entre 5-8 kHz, com ondas sonoras com comprimento de

onda maior que os obstáculos que ela encontra, assegurando que ocorra difração ao invés de reflexão, quando passarem por um obstáculo (LEROY, 1979).

Diferenças no som de chamado de *P. amoenus* e *C. colliurides* ocorrem nos parâmetros temporais, como a taxa de pulso e o período do pulso, tornando o ritmo de emissão de pulsos significativamente diferente entre essas espécies. Essas diferenças são consistentes com o modelo de exclusão por contraste rítmico proposto por Leroy (1979), o qual postula que sinais com frequências similares podem ser efetivos em atrair fêmeas coespecíficas, desde que possuam diferentes ritmos.

As diferenças nos parâmetros temporais de ambas as espécies foram somadas às diferenças no número de ondas sonoras por pulso. Cada onda sonora é produzida pelo impacto do *plectrum* em cada dente da fileira estridulatória, promovendo uma relação direta entre o número de ondas sonoras por pulso e o número de dentes raspados durante o fechamento das tégminas (WALKER, 1962). *Cranistus colliurides* apresentou de 109 a 122 (n=11) dentes na tégmina direita e *P. amoenus* de 78 a 88 (n=13). A taxa ondas sonoras/nº de dentes na produção de cada pulso é próxima a 73% em *C. colliurides* e 65% em *P. amoenus*.

Existem evidências indiretas de que os parâmetros temporais e o número de ondas sonoras por pulso do som de chamado de *P. amoenus* e *C. colliurides* são as principais estruturas utilizadas pelos machos para atrair fêmeas coespecíficas. Estudos de fonotaxia serão necessários para corroborar tais resultados demonstrando quais parâmetros sonoros são de fato utilizados pelas fêmeas no reconhecimento de machos de sua espécie.

#### 4.5 Conclusão

- Os sons de chamado de *P. amoenus* e *C. colliurides* apresentam padrões de frequência semelhantes, mas diferem nos padrões temporais, possibilitando que as fêmeas se orientem na localização e reconhecimento de machos coespecíficos.

#### 4.6 Referências

ALEXANDER, R. D. Evolutionary change in cricket acoustical communication. *Evolution*. v.16, n.4, p.443-467, 1962.

- ALEXANDER, R. D. Sound production in associated behavior in insects. **Ohio Journal of Science**, v.57, n.2, p. 101-13, 1957a.
- ALEXANDER, R. D. The taxonomy of the field crickets of the eastern United States (Orthoptera: Gryllidae: *Acheta*). **Annals of the Entomological Society of America**. v.50, p.584-602, 1957b.
- BENNET-CLARK, H. C. Songs and the physics of sound production. In: HUBER, F.; MOORE, T. E.; LOHER, W. **Cricket behavior and neurobiology**. Ithaca: Cornell University, 1989. 34p.
- DIWAKAR, S.; BALAKRISHNAN, R. Vertical stratification in an acoustically communicating ensiferan assemblage of a tropical evergreen forest in southern India. **Journal of Tropical Ecology**. v.23, p.479-486, 2007.
- EADES, D. C.; OTTE, D.; NASKRECKI, P. 2006. **Orthoptera species file online (version 2.3)**. Disponível em: <<http://osf2.orthoptera.org/basic/HomePage.asp>>. Acesso em: 10.09.2010.
- KOCH, U. T. et al. The mechanics of stridulation of the cricket *Gryllus campestris*. **Journal of Comparative Physiology A**. v.162, p.213-223, 1988.
- LEROY, Y. **L'univers sonore animal. Rôles Et Évolution De La Communication Acoustique**. Paris: Gauthier-Villars, 1979. 350p.
- OTTE, D. Evolution of cricket song. **Journal of Orthoptera Research**. v.1, p.25-49, 1992.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- RIEDE, K. Monitoring biodiversity: Analysis of Amazonian rainforest sounds. **Ambio**. v.22, n.8, p.546-548, 1993.
- SHAROV, A. G. Phylogeny of the Orthopteroidea. **Transactions of the Institute of Paleontology**. v.118, p.211-221, 1971.
- SIMMONS, L. W. The calling song of the field cricket, *Gryllus bimaculatus* (De Geer): constraints on transmission and its role in intermale competition and female choice. **Animal Behaviour**. v.36, n.2, p.380-394, 1988.
- SIMMONS, L. W.; RITCHIE, M. G. Symmetry in the songs of crickets. **Proceedings of the Royal Society of London B**. v.236, p.305-311, 1996.
- SIMMONS, L. W.; ZUK, M. Variability in call structure and pairing success of male field crickets, *Gryllus bimaculatus*: the effects of age, size and parasite load. **Animal Behaviour**. v.44, p.1145-1152, 1992.

WALKER, T. J. Specificity in the response of female tree crickets (Orthoptera, Gryllidae, Oecanthinae) to calling songs of the males. **Annals of the Entomological Society of America**. v.50, n.6, p.626-636, 1957.

WALKER, T. J. Factors responsible for intraspecific variation in the calling song of crickets. **Evolution**. v.16, n.4, p.407-428, 1962.

WALKER, T. J. Pulse Rates in the Songs of Trilling Field Crickets (Orthoptera: Gryllidae: *Gryllus*). **Annals of the Entomological Society of America**. v.93, n.3, p.565-572, 2000.

WALKER, T. J.; MOORE, T. E. 2011. **Singing Insects of North America**. Disponível em: <<http://entnemdept.ufl.edu/walker/buzz/index.htm>>. Acesso em: 16.02.2011.

ZEFA, E. Comparison of calling songs of three allopatric populations of *Endecous itatibensis* (Orthoptera, Phalangopsinae). **Iheringia, Série Zoológica**. v.96, n.1, p.13-16, 2006.

## **5 Capítulo 2 – Comportamento de emissão do som de chamado e seleção de sítios de estridulação de duas espécies simpátricas de grilos *Phylloscyrtini* (Orthoptera, Trigonidiinae)**

### **5.1 Introdução**

A comunicação acústica é bastante difundida em Arthropoda e os sinais acústicos são produzidos pelo atrito de escleritos ou apêndices especializados (ALEXANDER, 1960; BAILEY 1991; FORREST, 1994; HUBBER 1989; RIEDE, 1993; RIEDE, 1997). Os sons produzidos pelos machos para atrair as fêmeas para o acasalamento são os melhores estudados, devido sua aplicação na taxonomia e por fornecer informações sobre processos adaptativos, uma vez que a eficiência na produção e propagação implica em maiores oportunidades de acasalamento (ALEXANDER, 1957a; MORTON, 1975).

Em ambientes naturais, onde a grilofauna estridulante é rica em espécies, estratégias evoluíram para tornar os sinais mais efetivos, minimizando problemas de sobreposição de informações (LEROY, 1979; OTTE, 1992). Nesse sentido as frequências do som de chamado se distribuem, dentre as espécies, em bandas específicas (LEROY, 1979; RIEDE, 1993; ZEFA, 2006) ou as populações estridulam em horários distintos (BAILEY, 1991; RIEDE, 1997; SUEUR, 2002).

A distância que um sinal se propaga é influenciada por fatores como a interferência produzida por sons do ambiente, o tipo de vegetação (FORREST, 1994; MORTON, 1975; WILEY; RICHARDS, 1978), bem como a altura do local de emissão do som em relação ao solo (ARAK; EIRIKSSON, 1992; MARTEN; MARLER, 1977; PAUL; WALKER, 1979; WILEY; RICHARDS, 1978).

Animais que propagam seus sons de chamado por maiores distâncias aumentam suas chances de acasalamento ao atrair maior número de fêmeas coespecíficas (MORTON, 1975). Conseqüentemente, diferentes formas de aumentar o alcance dos sinais e minimizar efeitos de atenuação evoluíram nos grilos (FORREST, 1994; MARTEN; MARLER, 1977; WILEY; RICHARDS, 1978).

Recursos naturais como folhas, tocas construídas no solo, ou cavidades em troncos de árvores são utilizados como amplificadores dos sinais acústicos,

umentando a distância em que eles se propagam (BENNET-CLARK, 1987; FORREST, 1982; PROZESKY-SHULZE et al. 1975). A escolha estratégica de sítios de chamado, como locais onde a vegetação é menos densa ou lugares mais altos, minimiza a atenuação dos sinais acústicos causada pelo solo e por galhos e folhas, aumentando a eficiência de propagação (ARAK; EIRIKSSON, 1992; MARTEN; MARLER, 1977; PAUL; WALKER, 1979; WILEY; RICHARDS, 1978).

Os grilos se encontram em diferentes habitats e fornecem bom material para análise de questões adaptativas, referentes à produção, amplificação e propagação de informações por meio de sinais acústicos. Nesse trabalho caracterizamos o comportamento de estridulação de *Phylloscirtus amoenus* (Burmeister, 1880) e *Cranistus colliurides* (Stål, 1860), que ocorrem em simpatria em campos arbustivos no sul do Rio Grande do Sul, e comparamos a preferência dessas espécies pela ocupação de sítios específicos de estridulação.

De acordo com os pressupostos estabelecidos, hipotetizamos que há especificidade de escolha de sítios de estridulação e que ambas as espécies utilizam as folhas como amplificadores sonoros.

## 5.2 Metodologia

O trabalho foi realizado no município de Capão do Leão, no sul da Planície Costeira do Rio Grande do Sul na fisionomia das Formações Pioneiras, Brasil, em uma área de aproximadamente 60 x 50m (31°48'05" S, 52°25'08" O), composta por uma plantação de *Eucalyptus* sp. de aproximadamente 50 anos, com plantas rasteiras, arbustos e árvores de até 4 m de altura compondo um sub-bosque, no Campus Universitário da Universidade Federal de Pelotas.

Localizamos os grilos na vegetação, orientados pelo som de chamado. A análise do comportamento durante a estridulação incluiu observações focais de 5 a 10min, objetivando detectar posições corporais que indicassem a utilização do poleiro como amplificador acústico e comportamentos correlacionados. As observações foram registradas com auxílio de filmadora Sony DCR-SR68, incluindo registros verbais. Registramos o comportamento de 20 espécimes de *P. amoenus* e 13 de *C. colliurides*. O material foi analisado e descrito em laboratório.

Caracterizamos o sítio de estridulação de 33 espécimes de *P. amoenus* e 20 de *C. colliurides*. A preferência por sítios de estridulação foi avaliada considerando três



variáveis: a altura do local de estridulação em relação ao solo, a morfoespécie vegetal e a morfologia da folha.

Medimos a altura do sítio de estridulação em relação ao solo com auxílio de fita métrica. A morfoespécie vegetal foi determinada comparando a morfologia geral de cada planta. Analisamos a morfologia das folhas quanto à classificação do limbo foliar, de acordo com Bell (2008) e quanto ao comprimento e largura da folha.

Comparamos a altura do sítio de estridulação das duas espécies, ajustando um modelo linear generalizado (GLM) com a espécie de grilo como variável explicativa e a altura do sítio de estridulação como variável resposta. Após análise de resíduos, os dados foram  $\log_{10}$ -transformados e então examinados usando o teste estatístico ANOVA, com auxílio do software R (R Development Core Team, 2011).

Ajustamos um modelo linear misto (LME) para comparar a utilização pelas duas espécies de diferentes dimensões da folha na qual estridulam, com medida da folha (cm) como variável resposta e como efeitos fixos dimensão (largura x comprimento da folha), espécie de planta e espécie de grilo utilizando a folha como sítio de estridulação. Ajustamos a observação ( $n=55$ ) como efeito aleatório e então examinamos usando o teste estatístico ANOVA, com auxílio do software R (R Development Core Team, 2011).

Comparamos a utilização de diferentes morfoespécies de plantas e diferentes morfologias foliares como sítio de estridulação pelas duas espécies através do teste G, com auxílio do software BioEstat 5.0 (AYRES, et al., 2007).

Depositamos os espécimes voucher na coleção do Laboratório de Zoologia de Invertebrados, Depto. de Zoologia e Genética, Universidade Federal de Pelotas (UFPEl). As seqüências do som de chamado serão depositadas no "Orthoptera Species File Online" (<http://osf2.orthoptera.org/HomePage.aspx>).

## **5.3 Resultados**

### **5.3.1 Comportamento durante a estridulação**

Os exemplares de ambas as espécies estridularam o som de chamado quando solitários nos sítios de estridulação. Durante a estridulação, todos os espécimes observados de *P. amoenus* ( $n = 20$ ) e *C. colliurides* ( $n = 13$ ) se posicionaram inclinando o corpo e ajustando as tégminas próximas à borda da folha, direcionando

os sinais acústicos para sua região côncava (Fig. 3). Observamos que os espécimes interromperam a estridulação por movimentos na vegetação causados pelo vento, ou por interações inter ou intraespecíficas



Figura 3 – Espécime de *Cranistus colliurides* inclinando o corpo e as tégminas para direcionar o som para a concavidade da folha.

Em algumas observações ( $n = 8$  em *P. amoenus* e  $n = 2$  em *C. colliurides*), verificamos que os machos trocam de posição escolhendo diferentes regiões na mesma folha ou se posicionando em folhas adjacentes, de modo a emitir o som de chamado para todas as direções (Fig. 4).



Figura 4 – Espécime de *Phylloscyrtus amoenus* estridulando em diferentes regiões da folha ou em diferentes folhas, emitindo os sinais acústicos em várias direções.

Em uma das observações de *P. amoenus*, após a aproximação de uma fêmea ao seu sítio de estridulação, o macho que produzia um *trill* longo e ininterrupto, passou a emitir repetidamente *trills* curtos e a caminhar ao redor da fêmea. Outro macho que estava em repouso em uma folha vizinha, a cerca de 15 cm do macho estridulante, iniciou o mesmo comportamento, se deslocando ao redor do casal. Na sequência houve interação agonística entre os machos, caracterizada pela emissão de *trills* curtos, investidas rápidas contra o adversário e tremores do corpo no sentido ântero-posterior, seguidos de *trills* curtos.

Em duas das observações detectamos interações agonísticas interespecíficas entre os machos de ambas as espécies. Na primeira, os conflitos iniciaram após a aproximação do macho de *P. amoenus* no sítio de estridulação do macho de *C. colliurides*. No segundo encontro, ocorreu o contrário. Em ambos os casos, após toques de antenas, os dois machos começaram a emitir *trills* de poucos segundos de duração, seguidos por investidas rápidas e golpes promovidos pelas pernas posteriores. Em um dos encontros *P. amoenus* vibrou seu corpo no sentido ântero-posterior e emitiu um *trill* curto. Tanto *P. amoenus* quanto *C. colliurides*, ao expulsar o outro macho do sítio, utilizou o mesmo local da folha para estridular (Fig. 5).



Figura 5 – Espécimes de *Cranistus colliurides* (A) e *Phylloscyrtus amoenus* (B) estridulando no mesmo local em momentos distintos. *P. amoenus* após expulsar *C. colliurides*, utilizou o mesmo local na folha para estridular.

### 5.3.2 Sítios de estridulação

A altura em relação ao solo do sítio de *P. amoenus* variou entre 18 e 159cm, com 25% dos valores abaixo de 36cm, 50% abaixo de 52cm e 75% abaixo de 86cm. Em *C. colliurides* a altura em relação ao solo variou entre 5 e 180cm, com 25% dos valores abaixo de 15,3cm, 50% abaixo de 28cm e 75% abaixo de 32cm (Fig. 6). *P. amoenus* estridulou em locais mais elevados que *C. colliurides* (ANOVA;  $F_{1,64} = 35,22$ ,  $p < 0,001$ ).

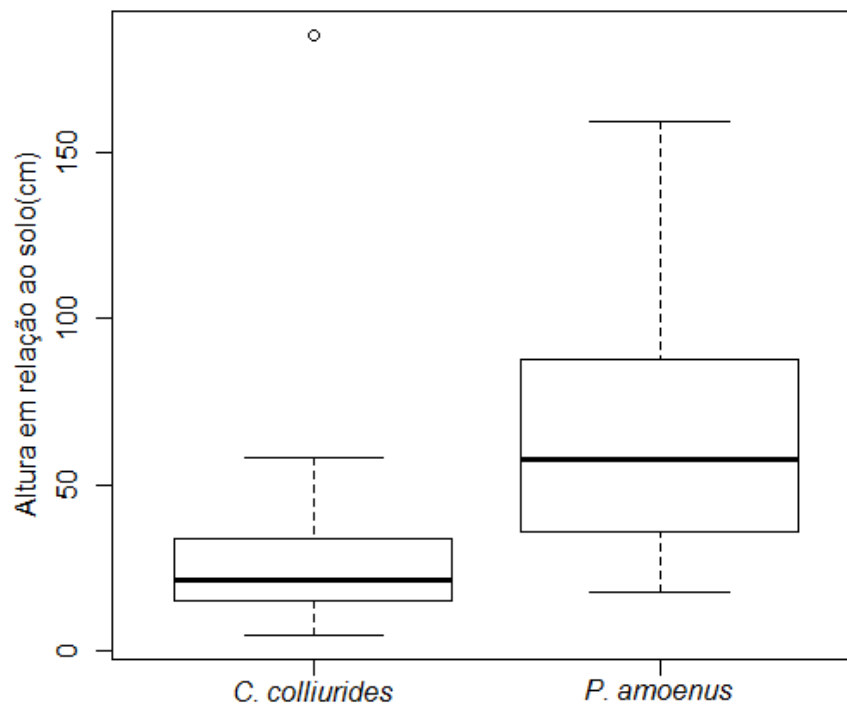


Figura 6 – Altura do sítio de estridulação de *Phylloscyrtus amoenus* e *Cranistus colliurides* em relação ao solo. Linhas horizontais (de baixo para cima): valor mínimo, primeiro quartil, mediana, terceiro quartil e valor máximo. Linhas verticais representam a amplitude. Pequenos círculos representam valores discrepantes.

Os espécimes de *P. amoenus* estridularam em 17 morfoespécies de plantas, 21,2% das observações em uma única morfoespécie de planta trepadeira (morfoespécie 11), enquanto nas outras morfoespécies, a percentagem de observações não passou dos 9% (Tab. 2). Os espécimes de *C. colliurides* estridularam em 15 morfoespécies de plantas, com 27% das ocorrências em folhas secas de *Eucalyptus* sp. (morfoespécie 2) dispostas sobre a vegetação rasteira, 23% em folhas de *Cynodum* sp. (morfoespécie 12) e no máximo 7% nas outras morfoespécies (Tab. 2). As duas espécies diferiram quanto às morfoespécies de plantas que utilizam como sítio de estridulação (Teste G;  $G = 50,11$ ,  $p = 0,0021$ ).

Tabela 2 – Ocupação de diferentes morfoespécies de plantas por machos de *Phylloscyrtus amoenus* e *Cranistus colliurides* durante a estridulação. N = número de observações; % = porcentagem do total de observações

Morfoespécie	<i>P. amoenus</i>		<i>C. colliurides</i>	
	N	%	N	%
Morfoespécie 1	2	6	1	3
Morfoespécie 2	0	0	8	27
Morfoespécie 3	3	9	0	0
Morfoespécie 4	0	0	1	3
Morfoespécie 5	1	3	0	0
Morfoespécie 6	3	9	0	0
Morfoespécie 7	1	3	2	7
Morfoespécie 8	1	3	0	0
Morfoespécie 9	0	0	1	3
Morfoespécie 10	3	9	2	7
Morfoespécie 11	7	21	1	3
Morfoespécie 12	2	6	7	23
Morfoespécie 13	0	0	1	3
Morfoespécie 14	0	0	1	3
Morfoespécie 15	1	3	1	3
Morfoespécie 16	1	3	0	0
Morfoespécie 17	2	6	2	7
Morfoespécie 18	0	0	1	3
Morfoespécie 19	0	0	1	3
Morfoespécie 20	1	3	0	0
Morfoespécie 21	1	3	0	0
Morfoespécie 22	2	6	0	0
Morfoespécie 23	2	6	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

Nove diferentes tipos de morfologia do limbo foliar foram utilizados por *P. amoenus* como sítio de estridulação, com 21,2% das observações em folhas cordado-sagitadas, 21,2% em lanceoladas típicas, 18,2% em obocordadas típicas e no máximo 9% nos outros tipos de morfologia (Tab. 3). *C. colliurides* utilizou seis diferentes tipos de morfologia do limbo como sítio de estridulação, com 43,3% das observações em folhas lanceoladas típicas e 33,3% em lanceoladas lineares (Tab. 3). As duas espécies diferiram quanto à morfologia do limbo em que estridularam (Teste G;  $G=26,13$ ,  $p=0,0019$ ).

Não houve diferença na preferência das espécies de grilos quanto ao tamanho da folha utilizada como sítio de estridulação (ANOVA;  $F_{1,34} = 1$ ;  $p = 0,41$ ) ou quanto ao formato da folha (folhas compridas ou largas) (ANOVA;  $F_{1,34} = 1$ ,  $p = 0,33$ ).

Tabela 3 – Ocupação de morfologias do limbo foliar como sítio de estridulação por *Phylloscirtus amoenus* e *Cranistus colliurides*. N = número de observações; % = porcentagem do total de observações.

Morfologia do limbo	<i>P. amoenus</i>		<i>C. colliurides</i>	
	N	%	N	%
Cordado-sagitada	7	21	1	3
Cordado-hastada	1	3	0	0
Lanceolada linear	3	9	10	33
Lanceolada ovada	0	0	1	3
Lanceolada típica	7	21	13	43
Obocordada típica	6	18	0	0
Obovado-espatulada	3	9	0	0
Obovado-oblonga	2	6	2	7
Oblongo-ovada	1	3	0	0
Ovada típica	3	9	3	10
<b>TOTAL</b>	<b>33</b>	<b>100</b>	<b>30</b>	<b>100</b>

## 5.4 Discussão

### 5.4.1 Comportamento durante a estridulação

As estruturas vibracionais que produzem o som nos grilos são pequenas se comparadas com as ondas sonoras geradas por elas, tornando-as ineficientes irradiadores sonoros (FORREST, 1982). Esse problema foi resolvido pelos grilos ao utilizar amplificadores naturais, como superfície de folhas e tocas construídas no solo (BENNET-CLARK, 1987; PROZESKY-SHULZE et al., 1975). *Oecanthus burmeisteri* (Saussure, 1877) posiciona suas tégminas na margem de buracos nas folhas em que estridulam, aumentando a amplitude sonora em 3,5 vezes ao comparar com o mesmo som produzido sem esse comportamento (PROZESKY-SHULZE et al., 1975). *P. amoenus* e *C. colliurides* realizam comportamento semelhante, ao posicionar suas tégminas na borda da superfície de uma folha enquanto estridulam, direcionando seus sinais acústicos para a concavidade foliar. Todos os exemplares observados apresentaram esse comportamento, sugerindo que esta estratégia está bem estabelecida nas duas espécies.

Movimentos vibratórios das antenas são comuns no comportamento de corte dos grilos, porém o significado desse comportamento, ou a qualidade da informação são desconhecidos (EVANS, 1998; LOVE; WALKER, 1979; ZEFA et al., 2008). Em *P. amoenus* e *C. colliurides* esses movimentos são presentes na corte e também durante outras atividades, como p.e. a estridulação. Hipotetizamos que esses movimentos

fazem parte de um possível mimetismo com vespas que apresentam antenas com a mesma coloração e que as vibram de forma semelhante. Essas vespas foram observadas e registradas durante as observações em campo.

*P. amoenus* e *C. colliurides*, ao utilizar várias regiões das folhas como sítios de estridulação, aumentam o raio de ação de seus sinais acústicos, uma vez que a maior intensidade sonora é emitida posteriormente (WALKER, 1962) e assumindo que as fêmeas em um determinado habitat se distribuem aleatoriamente em locais ao redor do macho estridulante. Desta forma, machos que mudam periodicamente sua posição durante a estridulação, orientando seus sinais acústicos para várias direções, aumentam as chances de atrair fêmeas coespecíficas (FORREST, 1982).

As ações comportamentais realizadas nas interações agonísticas entre *P. amoenus* e *C. colliurides* são semelhantes àquelas observadas entre machos de *P. amoenus*. Em ambos os casos ocorre a emissão de sinais acústicos, porém, análises dos parâmetros sonoros serão necessários para detectar se há diferenças nos padrões físicos e temporais desses sinais. Até o momento, com poucas exceções (DESUTTER-GRANDCOLAS, 1998), os sons que caracterizam o repertório de Grylloidea correspondem a comportamentos direta ou indiretamente relacionados ao comportamento reprodutivo, agonístico e territorial intraespecífico (ALEXANDER, 1962).

A competição por melhores sítios de chamado já foi observada tanto intraespecificamente (ARAK; EIRIKSSON, 1992) quanto interespecificamente (LATIMER, 1981). A utilização do mesmo local na folha por *P. amoenus* e *C. colliurides* após expulsar o outro macho do sítio ilustra a competição interespecífica por melhores sítios de estridulação, possivelmente quanto à propagação sonora ou à presença de fêmeas nas proximidades, sendo que em um dos confrontos verificamos a presença de fêmeas das duas espécies a poucos centímetros do local.

#### **5.4.2 Sítios de estridulação**

A emissão de sinais acústicos em locais mais elevados em relação ao solo melhora a sua propagação, permitindo que o som atinja longas distâncias (ARAK; EIRIKSSON, 1992; PAUL; WALKER, 1979; WILEY; RICHARDS, 1977). *Anurogryllus arboreus* aumenta cerca de 14 vezes o alcance dos seus sinais quando estridula em sítios com 1m de altura em relação ao solo (PAUL; WALKER, 1979), uma vez que o

solo e a composição vegetal atenuam os sinais acústicos (ARAK; EIRIKSSON, 1992; FORREST, 1994; WILEY; RICHARDS, 1978).

*Phylloscyrtus amoenus* ocupou com maior frequência sítios de estridulação mais elevados do que *C. colliurides*, provavelmente garantindo maior eficiência na propagação dos seus sinais (ARAK; EIRIKSSON, 1992; PAUL; WALKER, 1979; MARTEN; MARLER, 1977). Por outro lado, pode haver outras condições ecológicas atuando na distribuição vertical dessas espécies, como ocorre com duas espécies simpátricas de Cicadidae, em que a pressão de predação possivelmente está atuando no processo de segregação entre elas. (SUEUR; AUBIN, 2003).

A ocupação de locais mais elevados na vegetação pode aumentar o número de interações agressivas com outros machos que competem por melhores locais, além de aumentar sua exposição a predadores, diminuindo as vantagens de ocupar lugares ótimos para a propagação sonora (ARAK; EIRIKSSON, 1992). *C. colliurides* ao estridular em lugares mais baixos e cobertos por vegetação densa, provavelmente se expõe menos a predadores e gasta menos tempo competindo por melhores sítios de estridulação, embora seus sinais tenham menor alcance.

Hödl (1977) sugeriu que as diferenças nos sítios de chamado entre espécies podem atuar no isolamento pré-copulatório, se admitirmos que as preferências por habitats são compartilhadas entre machos e fêmeas. *P. amoenus* e *C. colliurides* ocupam o mesmo habitat e compartilham os mesmos sítios de estridulação, com exemplares das duas espécies estridulando a menos de 20cm entre eles (OLIVEIRA, obs. pessoal). Por outro lado, nossos resultados revelaram que há diferenças na frequência de ocupação desses sítios. *P. amoenus* utiliza preferencialmente espécies de plantas mais altas e expostas, geralmente arbustivas, enquanto *C. colliurides* estridula com maior frequência sobre folhas de plantas rasteiras, com maior cobertura vegetal, ou folhas secas cobertas pela vegetação rasteira.

## 5.5 Conclusão

- *P. amoenus* e *C. colliurides* utilizam a superfície das folhas como amplificador sonoro e diferem na preferência com que utilizam os tipos de sítio quanto à vegetação e à altura em relação ao solo.



## 5.6 Referências

- ALEXANDER, R. D. Sound production in associated behavior in insects. **Ohio Journal of Science**. v.57, n.2, p.101-13, 1957a.
- ALEXANDER, R. D. The taxonomy of the field crickets of the eastern United States (Orthoptera: Gryllidae: *Acheta*). **Annals of the Entomological Society of America**. v.50, p.584-602, 1957b.
- ALEXANDER, R. D. Sound communication in Orthoptera and and Cicadidae. In: **Animal sounds and communication**. Washington, DC: American Institute of Biological Science, 1960. p.38-91.
- ARAK, A.; EIRIKSSON, T. Choice of singing sites by male bushcrickets (*Tettigonia viridissima*) in relation to signal propagation. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v.30, p.365-372, 1992.
- AYRES, M., et al. **BioEstat**. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém, v. 5.0, 2007.
- BAILEY, W. J. **Acoustic Behaviour of Insects**. New York: Springer-Verlag, 1991. 225p.
- BALAKRISHNAN, R.; POLLACK, G. S. Recognition of courtship song in the field cricket, *Teleogryllus oceanicus*. **Animal Behaviour**. v.51, n.2, p.353-366, 1996.
- BELL, A. D. **Plant Form. An Illustrated guide to flowering plant morphology**. New York: Oxford University Press, 1991, 341p.
- BENEDIX JR., J. H.; HOWARD, D. J. Calling song displacement in a zone of overlap and hybridization. **Evolution**. v.45, n.8, p.1751-1759, 1991.
- BENNET-CLARK, H. C. The tuned singing burrow of mole crickets. **Journal of Experimental Biology**. v.128, p.383-409, 1987.
- DIWAKAR, S.; BALAKRISHNAN, R. Vertical stratification in an acoustically communicating ensiferan assemblage of a tropical evergreen forest in southern India. **Journal of Tropical Ecology**. v.23, p.479-486, 2007.
- EADES, D. C.; OTTE, D.; NASKRECKI, P. 2006. **Orthoptera species file online (version 2.3)**. Disponível em: <<http://osf2.orthoptera.org/basic/HomePage.asp>>. Acesso em: 10.09.2010.
- EVANS, A. R. Mating Systems and reproductive strategies in three Australian gryllid crickets: *Bobilla victoriae* Otte, *Balamara gidya* Otte and *Teleogryllus commodus* (Walker) (Orthoptera: Gryllidae: Nemobiinae: Trigonidiinae; Gryllinae). **Ethology**. v.78, p.21-52, 1998.

- FORREST, T. G. Acoustic communication and baffling behaviour of crickets. **Florida Entomologist**. v.65, n.1, p.33–44, 1982.
- FORREST, T. G. From sender to receiver: Propagation and environmental effects on acoustic signals. **American Zoologist**. v.34, p.644-654, 1994.
- HÖDL, W. Call differences and calling song segregation in Anuran species of central Amazonian floating meadows. **Oecologia**. v.28, p.351-363, 1977.
- HONDA-SUMI, E. Difference in calling song of three field crickets of the genus *Teleogryllus*: the role in premating isolation. **Animal Behaviour**. v.69, n.4, p.881-889, 2005.
- HUBER, F.; MOORE, T. E.; LOHER, W. **Cricket behaviour and Neurobiology**. Ithaca: Cornell University, 1989. 565 p.
- LOVE, E. R.; WALKER, T. J. Systematics and acoustic behavior of scaly crickets (Orthoptera: Gryllidae: Mogoplistinae) of eastern United States. **Transactions of the American Entomological Society**. v.105, p.1-66, 1979.
- MARTEN, K.; MARLER, P. Sound transmission and its significance for animal vocalization. I. Temperate Habitats. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v.2, p.271- 290, 1977.
- MORTON, E. S. Ecological sources of selection on avian sounds. **American Naturalist**. v.109, n.965, p.17-34, 1975.
- MOUSSEAU, T. A.; HOWARD, D. J. Genetic variation in cricket calling song across a hybrid zone between two sibling species. **Evolution**. v.52, n.4, p.1104-1110, 1998.
- OTTE, D. Evolution of cricket song. **Journal of Orthoptera Research**. v.1, p.25-49, 1992.
- PAUL, R. C.; WALKER T. J. Arboreal singing in a burrowing cricket, *Anurogryllus arboreus*. **Journal of Comparative Physiology**. v.132, p.217-223, 1979.
- PROZESKY-SHULZE, L. et al. Use of a self-made sound baffle by a tree cricket. **Nature**. v.255, p.142-143, 1975.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria, v. 2.13.1, 2011.
- RIEDE, K. Bioacoustic diversity and resource partitioning in tropical calling communities. In: Ulrich, H. **Tropical biodiversity and systematics**. Bonn: Proceedings of the International Symposium on Biodiversity and Systematics in Tropical Ecosystems, 1997. p.275-280.

- RIEDE, K. Monitoring biodiversity: Analysis of Amazonian rainforest sounds. **Ambio**. v.22, n.8, p.546-548, 1993.
- SUEUR, J. Cicada acoustic communication: potential sound partitioning in a multispecies community from Mexico (Hemiptera: Cicadomorpha: Cicadidae). **Biological Journal of the Linnean Society**. v.75, p.379-394, 2002.
- SUEUR, J.; AUBIN, T. Is microhabitat segregation between two cicada species (*Tibicina haematodes* and *Cicada orni*) due to calling song propagation constraints? **Naturwissenschaften**. v.90, p.322-326, 2003.
- WALKER, T. J. Factors responsible for intraspecific variation in the calling song of crickets. **Evolution**. v.16, n.4, p.407-428, 1962.
- WALKER, T. J. Pulse Rates in the Songs of Trilling Field Crickets (Orthoptera: Gryllidae: *Gryllus*). **Annals of the Entomological Society of America**. v.93, n.3, p.565-572, 2000.
- WILEY, R. H.; RICHARDS, D. G. Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalizations. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v.3, p.69-94, 1978.
- ZEFA, E. Comparison of calling songs of three allopatric populations of *Endecous itatibensis* (Orthoptera, Phalangopsinae). **Iheringia, Série Zoológica**. v.96, n.1, p.13-16, 2006.
- ZEFA, E.; MARTINS, L. P.; SZINWELSKI, N. Complex mating behavior in *Adelosgryllus rubricephalus* (Orthoptera, Phalangopsidae, Grylloidea). **Iheringia, Série Zoológica**. v.98, n.3, p.1-4, 2008.

## 6 Discussão geral

As diferenças entre o som de chamado de *P. amoenus* e *C. colliurides* baseiam-se nos parâmetros temporais e evitam a sobreposição de sinais de acordo com o modelo de exclusão por contraste rítmico, permitindo semelhanças na frequência do som de chamado (LEROY, 1979). Parâmetros temporais são de grande importância em estudos de fonotaxia no reconhecimento de fêmeas por sons de chamados de machos coespecíficos (BALAKRISHNAN; POLLACK, 1996; HONDA-SUMI, 2005; POLLACK; HOY, 1979). Sugerimos que o mesmo ocorre em *P. amoenus* e *C. colliurides*.

Diferenças na altura dos sítios de estridulação em relação ao solo entre *P. amoenus* e *C. colliurides* podem estar relacionadas à propagação sonora dos sinais acústicos devido aos efeitos de atenuação do solo e da vegetação rasteira (ARAK; EIRIKSSON, 1992; MARTEN; MARLER, 1977; PAUL; WALKER, 1979; WILEY; RICHARDS, 1978), ou à sobreposição de sinais com frequências semelhantes, como já foi demonstrado em anfíbios (HÖDL, 1977). Porém, na assembléia de Ensifera de uma floresta tropical na Índia, espécies com frequência do som de chamado semelhantes ocupam as mesmas faixas de altura em relação ao solo, sugerindo a influência de outros elementos na escolha dos seus sítios de estridulação (DIWAKAR; BALAKRISHAN, 2007).

As diferenças nos sítios de chamado podem ser somadas às diferenças no som de chamado, como mecanismo de isolamento pré-copulatório entre espécies simpátricas (HÖDL, 1977). *P. amoenus* e *C. colliurides* compartilham o mesmo habitat, mas diferem na frequência de ocupação dos diferentes tipos de sítio. *P. amoenus* utiliza preferencialmente espécies de plantas mais altas e expostas, geralmente arbustivas, enquanto *C. colliurides* estridula com maior frequência sobre plantas rasteiras com maior cobertura vegetal, ou folhas secas cobertas pela vegetação rasteira.

A utilização de amplificadores naturais é amplamente difundida em Orthoptera devido à ineficiência do aparelho estridulador na irradiação dos sinais acústicos a longas distâncias (BAILEY, 1991; BENNET-CLARK, 1987; FORREST, 1982; PROZESKY-SHULZE et al., 1975). *P. amoenus* e *C. colliurides* estridulam na borda das folhas, utilizando a superfície foliar como amplificador dos seus sinais, de

forma semelhante à *Oecanthus burmeisteri* (Saussure, 1887) e outras espécies de Grylloidea (PROZESKY-SHULZE et al., 1975). O registro desse comportamento em todos os exemplares observados sugere que essa estratégia está bem estabelecida nas duas espécies.

Os sinais acústicos produzidos durante as interações agressivas entre *P. amoenus* e *C. colliurides* são bastante difundidos em interações intraespecíficas em Grylloidea, porém, esse é o primeiro relato em Trigonidiidae da produção de um sinal acústico entre duas espécies distintas. A utilização do mesmo local na folha por *P. amoenus* e *C. colliurides*, após expulsar o outro macho do sítio nos fornece uma evidência indireta de que a folha utilizada pelos espécimes possui características morfológicas e posicionamento espacial que a tornam um bom sítio de estridulação.

## 7 Conclusões gerais

- *P. amoenus* e *C. colliurides* possuem diferenças no som de chamado e na ocupação de sítios de estridulação, garantindo mecanismos de isolamento pré-copulatório entre elas.
- As diferenças no som de chamado baseiam-se em parâmetros temporais, corroborando estudos de fonotaxia em Orthoptera.
- *P. amoenus* e *C. colliurides* utilizam a superfície das folhas como amplificador sonoro, sendo essa estratégia bem estabelecida nas duas populações estudadas.
- *P. amoenus* e *C. colliurides* estridulam no mesmo local, e utilizam os mesmos tipos de sítios de estridulação quanto à vegetação e à altura em relação ao solo. Porém, diferem na frequência em que cada espécie utiliza os diferentes tipos de sítio.

## Referências Bibliográficas

- ALEXANDER, R. D. Evolutionary change in cricket acoustical communication. **Evolution**. v.16, n.4, p.443-467, 1962.
- ALEXANDER, R. D. Sound production in associated behavior in insects. **Ohio Journal of Science**. v.57, n.2, p.101-13, 1957a.
- ALEXANDER, R. D. The taxonomy of the field crickets of the eastern United States (Orthoptera: Gryllidae: *Acheta*). **Annals of the Entomological Society of America**. v.50, p.584-602, 1957b.
- ALEXANDER, R. D. Sound communication in Orthoptera and Cicadidae. In: **Animal sounds and communication**. Washington, DC: American Institute of Biological Science, 1960. p.38-91.
- ARAK, A.; EIRIKSSON, T. Choice of singing sites by male bushcrickets (*Tettigonia viridissima*) in relation to signal propagation. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v.30, p.365-372, 1992.
- AYRES, M. et al. **BioEstat**. Aplicações estatísticas nas áreas das ciências bio-médicas. Belém, v. 5.0, 2007.
- BAILEY, W. J. **Acoustic Behaviour of Insects**. New York: Springer-Verlag, 1991. 225p.
- BALAKRISHNAN, R., POLLACK, G. S. Recognition of courtship song in the field cricket, *Teleogryllus oceanicus*. **Animal Behaviour**. v.51, n.2, p.353-366, 1996.
- BELL, A. D. **Plant Form. An Illustrated guide to flowering plant morphology**. New York: Oxford University Press, 1991, 341p.
- BENEDIX JR., J. H.; HOWARD, D. J. Calling song displacement in a zone of overlap and hybridization. **Evolution**. v.45, n.8, p.1751-1759, 1991.
- BENNET-CLARK, H. C. Songs and the physics of sound production. In: HUBER, F.; MOORE, T. E.; LOHER, W. **Cricket behavior and neurobiology**. Ithaca: Cornell University, 1989. 34p.
- BENNET-CLARK, H. C. The tuned singing burrow of mole crickets. **Journal of Experimental Biology**. v.128, p.383-409, 1987.

- DESUTTER-GRANDCOLAS, L. First analysis of a disturbance stridulation in crickets, *Brachytrupes tropicus* (Orthoptera: Grylloidea: Gryllidae). **Journal of Insect Behavior**. v.11, n.1, p.149-158, 1998.
- DIWAKAR, S.; BALAKRISHNAN, R. Vertical stratification in an acoustically communicating ensiferan assemblage of a tropical evergreen forest in southern India. **Journal of Tropical Ecology**. v.23, p.479-486, 2007.
- EADES, D. C.; OTTE, D.; NASKRECKI, P. 2006. **Orthoptera species file online (version 2.3)**. Disponível em: <<http://osf2.orthoptera.org/basic/HomePage.asp>>. Acesso em: 10.09.2010.
- EVANS, A. R. Mating Systems and reproductive strategies in three Australian gryllid crickets: *Bobilla victoriae* Otte, *Balamara gidya* Otte and *Teleogryllus commodus* (Walker) (Orthoptera: Gryllidae: Nemobiinae: Trigonidiinae; Gryllinae). **Ethology**. v.78, p.21-52, 1998.
- FORREST, T. G. Acoustic communication and baffling behaviour of crickets. **Florida Entomologist**. v.65, n.1, p.33–44, 1982.
- FORREST, T. G. From sender to receiver: Propagation and environmental effects on acoustic signals. **American Zoologist**. v.34, p.644-654, 1994.
- HÖDL, W. Call differences and calling song segregation in Anuran species of central Amazonian floating meadows. **Oecologia**. v.28, p.351-363, 1977.
- HONDA-SUMI, E. Difference in calling song of three field crickets of the genus *Teleogryllus*: the role in premating isolation. **Animal Behaviour**. v.69, n.4, p.881-889, 2005.
- HUBER, F.; MOORE, T. E.; LOHER, W. **Cricket behaviour and Neurobiology**. Ithaca: Cornell University, 1989. 565 p.
- KOCH, U. T. et al. The mechanics of stridulation of the cricket *Gryllus campestris*. **Journal of Comparative Physiology A**. v.162, p.213-223, 1988.
- LEROY, Y. **L'univers sonore animal. Rôles Et Évolution De La Communication Acoustique**. Paris: Gauthier-Villars, 1979. 350p.
- LOVE, E. R.; WALKER, T. J. Systematics and acoustic behavior of scaly crickets (Orthoptera: Gryllidae: Mogoplistinae) of eastern United States. **Transactions of the American Entomological Society**. v.105, p.1-66, 1979.
- MARTEN, K.; MARLER, P. Sound transmission and its significance for animal vocalization. I. Temperate Habitats. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v.2, p.271- 290, 1977.



- MORTON, E. S. Ecological sources of selection on avian sounds. **American Naturalist**. v.109, n.965, p.17-34, 1975.
- MOUSSEAU, T. A.; HOWARD, D. J. Genetic variation in cricket calling song across a hybrid zone between two sibling species. **Evolution**. v.52, n.4, p.1104-1110, 1998.
- OTTE, D. Evolution of cricket song. **Journal of Orthoptera Research**. v.1, p.25-49, 1992.
- PAUL, R. C.; WALKER T. J. Arboreal singing in a burrowing cricket, *Anurogryllus arboreus*. **Journal of Comparative Physiology**. v.132, p.217-223, 1979.
- POLLACK, G. S.; HOY, R. R. Temporal pattern as a cue for species-specific calling song recognition in crickets. **Science**. v.204, n.4391, p.429-432, 1979.
- PROZESKY-SHULZE, L. et al. Use of a self-made sound baffle by a tree cricket. **Nature**. v.255, p.142-143, 1975.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. **R: A language and environment for statistical computing**. Vienna, Austria, v. 2.13.1, 2011.
- RIEDE, K. Bioacoustic diversity and resource partitioning in tropical calling communities. In: Ulrich, H. **Tropical biodiversity and systematics**. Bonn: Proceedings of the International Symposium on Biodiversity and Systematics in Tropical Ecosystems, 1997. p.275-280.
- RIEDE, K. Monitoring biodiversity: Analysis of Amazonian rainforest sounds. **Ambio**. v.22, n.8, p.546-548, 1993.
- SHAROV, A. G. Phylogeny of the Orthopteroidea. **Transactions of the Institute of Paleontology**. v.118, p.211-221, 1971.
- SIMMONS, L. W. The calling song of the field cricket, *Gryllus bimaculatus* (De Geer): constraints on transmission and its role in intermale competition and female choice. **Animal Behaviour**. v.36, n.2, p.380-394, 1988.
- SIMMONS, L. W.; RITCHIE, M. G. Symmetry in the songs of crickets. **Proceedings of the Royal Society of London B**. v.236, p.305-311, 1996.
- SIMMONS, L. W.; ZUK, M. Variability in call structure and pairing success of male field crickets, *Gryllus bimaculatus*: the effects of age, size and parasite load. **Animal Behaviour**. v.44, p.1145-1152, 1992.
- SUEUR, J. Cicada acoustic communication: potential sound partitioning in a multispecies community from Mexico (Hemiptera: Cicadomorpha: Cicadidae). **Biological Journal of the Linnean Society**. v.75, p.379-394, 2002.
- SUEUR, J.; AUBIN, T. Is microhabitat segregation between two cicada species

(*Tibicina haematodes* and *Cicada orni*) due to calling song propagation constraints? **Naturwissenschaften**. v.90, p.322-326, 2003.

WALKER, T. J. Specificity in the response of female tree crickets (Orthoptera, Gryllidae, Oecanthinae) to calling songs of the males. **Annals of the Entomological Society of America**. v.50, n.6, p.626-636, 1957.

WALKER, T. J. Factors responsible for intraspecific variation in the calling song of crickets. **Evolution**. v.16, n.4, p.407-428, 1962.

WALKER, T. J. Pulse Rates in the Songs of Trilling Field Crickets (Orthoptera: Gryllidae: *Gryllus*). **Annals of the Entomological Society of America**. v.93, n.3, p.565-572, 2000.

WALKER, T. J.; MOORE, T. E. 2011. **Singing Insects of North America**. Disponível em: <<http://entnemdept.ufl.edu/walker/buzz/index.htm>>. Acesso em: 16.02.2011.

WILEY, R. H.; RICHARDS, D. G. Physical constraints on acoustic communication in the atmosphere: implications for the evolution of animal vocalizations. **Behavioral Ecology and Sociobiology**. v.3, p.69-94, 1978.

ZEFA, E. Comparison of calling songs of three allopatric populations of *Endecous itatibensis* (Orthoptera, Phalangopsinae). **Iheringia, Série Zoológica**. v.96, n.1, p.13-16, 2006.

ZEFA, E.; MARTINS, L. P.; SZINWELSKI, N. Complex mating behavior in *Adelosgryllus rubricephalus* (Orthoptera, Phalangopsidae, Grylloidea). **Iheringia, Série Zoológica**. v.98, n.3, p.1-4, 2008.