



Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Campus Mossoró
Curso de Ecologia

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO (TCCII)

PALOMA FERNANDES DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DO USO DE MICROCHIPS DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTIZADA
(*RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION*, RFID) NAS VIBRAÇÕES TORÁCICAS
DE ABELHAS SEM FERRÃO (*Melipona subnitida*)**

MOSSORÓ-RN

2018

PALOMA FERNANDES DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DO USO DE MICROCHIPS DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMÁTIZADA
(*RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION*, RFID) NAS VIBRAÇÕES TORÁCICAS
DE ABELHAS SEM FERRÃO (*Melipona subnitida*)**

Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA,
Campus de Mossoró-RN para a obtenção do
título de Ecólogo

Orientador: Michael Hrnir

MOSSORÓ-RN

2018

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

O48i

Oliveira, Paloma . Influência do uso de microchips de identificação automatizada (Radio frequency identification, RFID) nas vibrações torácicas de abelhas sem ferrão (Melipona subnitida) / Paloma Oliveira. - 2018.
32 f. : il.

Orientadora: Michael HrnCir .
Coorientadora: Camila Maia-Silva.
Monografia (graduação) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Curso de Ecologia, 2018.

1. Vibrações torácicas . 2. RFID. 3. abelhas sem ferrão. 4. Melipona subnitida.. I. HrnCir , Michael , orient. II. Maia-Silva, Camila, coorient. III. Título.

O serviço de Geração Automática de Ficha Catalográfica para Trabalhos de Conclusão de Curso (TCC's) foi desenvolvido pelo Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação da Universidade de São Paulo (USP) e gentilmente cedido para o Sistema de Bibliotecas da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (SISBI-UFERSA), sendo customizado pela Superintendência de Tecnologia da Informação e Comunicação (SUTIC) sob orientação dos bibliotecários da instituição para ser adaptado às necessidades dos alunos dos Cursos de Graduação e Programas de Pós-Graduação da Universidade.

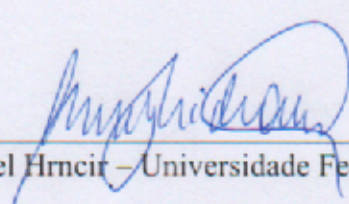
PALOMA FERNANDES DE OLIVEIRA

**INFLUÊNCIA DO USO DE MICROCHIPS DE IDENTIFICAÇÃO AUTOMATIZADA
(*RADIO FREQUENCY IDENTIFICATION*, RFID) NAS VIBRAÇÕES TORÁCICAS
DE ABELHAS SEM FERRÃO (*Melipona subnitida*)**

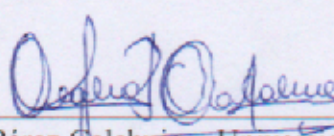
Monografia apresentada à Universidade
Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA,
Campus Mossoró para a obtenção do título de
Ecólogo

APROVADO EM: 17/09/2018

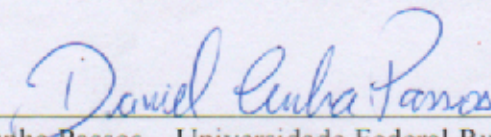
BANCA EXAMINADORA



Michael Hincir – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Presidente



Dra. Cecilia Irene Pérez Calabuig – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Examinadora



Dr. Daniel Cunha Passos – Universidade Federal Rural do Semi-Árido
Examinador

AGRADECIMENTOS

LOUVADO seja **Cristo Jesus**. Sua presença viva DIÁRIA foi minha força e luz para todos esses dias de luta! Obrigada, MEU PAI!

Ao meu orientador, **Michael Hrnir** pelos ensinamentos, paciência, confiança e humildade. Sem a sua ajuda não seria possível percorrer esse trajeto.

À minha co-orientadora, **Camila Maia-Silva** pela disponibilidade em me ajudar. Muito obrigada!

Aos meus pais, **Dona Solange** e **Seu Geraldo**, minha inspiração nessa trajetória. Mãe obrigada por nunca desistir de sonhar! Sua capacidade de sonhar e sua fé tornaram esse sonho realidade! Obrigada, meu pai, pelos abraços diários, seu olhar de amor e sua dedicação a nossa família. EU AMO VOCÊS!

Gratidão aos meus irmãos **Pâmela Fernandes** e **Pablo Oliveira**. Paminha, seu amor me deu forças todos os dias! Meu irmão, você é meu exemplo de dedicação e isso me inspirou nesse caminho. Obrigada pelas palavras de conforto nos dias difíceis e pelos sorrisos tão facilmente compartilhados. AMO VOCÊS!.

Agradeço ao meu companheiro, **Victor Azevedo**. Suas palavras foram luz e força em tantos momentos difíceis. Seu amor e cuidado tornou a minha trajetória leve, feliz e mais segura. EU TE AMO!

Aos amigos que fazem parte do BeeLab. Agradeço a **Vinício Heidy**, que além de amigo me orientou em tantos momentos ao longo da graduação. À **Gustavinho**, parceiro de todas as manhãs, sua amizade tornou o caminho mais leve. Gratidão a **João**, compartilhamos sobre a ciência e a vida, suas palavras me deram força nessa caminhada. À **Aline Oliveira**, parceira com quem dividi experimentos e muito me ensinou. À **Joãozinho** pelas manhãs divertidas de experimento. À **Eduardo**, por tornar o riso algo tão fácil.

Obrigada aos amigos que ganhei durante a graduação **Sara Santiago** e **Jessica Regiane**, com elas dividi muito mais do que a sala de aula. Dividimos os dias difíceis e nossas conquistas ao longo desses anos. Vocês são importantes para mim! À **Ray** e **Saulinho** pela amizade, apoio, lanches compartilhados e disputas de quem mais sofre. Estarão para sempre em meu coração.

Aos membros da banca, **Daniel Passos** e **Cecília Calabuig** pela disponibilidade em contribuir com esse trabalho.

À Universidade Federal Rural do Semi-Árido/UFERSA pela e infraestrutura no desenvolvimento da pesquisa.

Agradeço a todos que de forma direta e/ou indireta contribuíram na realização desse trabalho.

MUITO OBRIGADA!

RESUMO

Abelhas sem ferrão reproduzem vibrações torácicas quando retornam de fontes alimentares lucrativas e vibrações torácicas associadas ao movimento das asas, essenciais ao voo. Uma modificação do sistema oscilante pode ser dado devido ao aumento da carga posta sobre o tórax. Com isso, investigamos como etiquetas RFID coladas no tórax de abelhas sem ferrão (*Melipona subnitida*) podem influenciar as vibrações torácicas. Os experimentos foram subdivididos em três tratamentos: (T1 controle); (T2) abelhas com cola; e (T3) abelhas com etiquetas, sendo estas etapas da marcação individual. O tratamento controle servirá de parâmetro para saber se o manuseio não interferiu nas vibrações torácicas. Antes de cada tratamento, as vibrações das abelhas presas à força foram gravadas (vibrações pulsadas e vibrações do voo) através de um vibrômetro a laser, onde tiveram suas vibrações torácicas gravadas e transferidas a um computador para posterior análise. Após o tratamento foi repetida a gravação das vibrações torácicas. Em cada tratamento foram utilizadas 10 forrageiras de pólen e o intervalo entre as duas gravações foi de aproximadamente dois minutos. Os parâmetros analisados das vibrações torácicas foram: frequência, amplitude, duração e intervalo entre os pulsos. Os resultados demonstram que o parâmetro frequência apresentou diferenças significativas entre o antes e depois para as vibrações torácicas pulsadas e de voo no T3. Em T2, apenas a vibração torácica pulsada foi afetada e em T1 nenhum dos parâmetros foram modificados. Com isso, concluímos que a utilização de etiquetas RFID podem comprometer o voo, comunicação e recrutamento de abelhas sem ferrão de *Melipona subnitida*.

Palavras-chave: Vibrações torácicas; RFID; abelhas sem ferrão; *Melipona subnitida*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Forrageira de <i>Melipona subnitida</i> na força.....	12
Figura 2. Análise de pulsos vibratórios de <i>M.subnitida</i> mostrando os parâmetros avaliados.....	14
Figura 3. Análise da frequência dominante.....	14
Figura 4. Frequência dominante das vibrações torácicas de voo das forrageadoras de <i>M.subnitida</i> nos três tratamentos experimentais.....	16
Figura 5. Relação da frequência dominante das vibrações torácicas pulsadas das forrageadoras de <i>M.subnitida</i> nos tratamentos experimentais.....	17
Figura 6. Amplitude das vibrações torácicas de voo das forrageadoras de <i>M.subnitida</i> nos três tratamentos experimentais.....	18
Figura 7. Amplitude das vibrações torácicas pulsadas das forrageadoras de <i>M.subnitida</i> nos três tratamentos experimentais.....	18
Figura 8. Duração dos pulsos das vibrações pulsadas das forrageadoras de <i>M.subnitida</i> nos três tratamentos experimentais.....	19
Figura 9. Intervalo entre os pulsos das vibrações torácicas pulsadas das forrageadoras de <i>M.subnitida</i> nos três tratamentos experimentais.....	20
Figura 10. Frequência do voo e vibração em relação à distância intertegular.....	30
Figura 11 – Correlações entre o tamanho das forrageadoras de <i>M. subnitida</i> e a força das suas vibrações torácicas.....	31

SUMÁRIO

RESUMO.....	
1.INTRODUÇÃO	9
2.MATERIAIS E MÉTODOS	11
2.1 PERÍODO, LOCAL E ESPÉCIE ESTUDADA.....	11
2.2 COLETA DE FORRAGEADORAS E VIBRAÇÕES TORÁCICAS	11
2.3 GRAVAÇÕES DAS VIBRAÇÕES	12
2.4 PARÂMETROS DAS VIBRAÇÕES ANALISADAS	13
2.5 INFLUENCIA DAS ETIQUETAS RFID SOBRE VIBRAÇÕES TORÁCICAS	15
2.6 ANÁLISE DE DADOS	15
3 RESULTADOS	15
3.1 FREQUÊNCIA DOMINANTE DAS VIBRAÇÕES TORÁCICAS	15
3.2 AMPLITUDE DAS VIBRAÇÕES TORÁCICAS.....	17
3.3 DURAÇÃO E INTERVALO ENTRE PULSOS	19
4 DISCUSSÃO	20
4.1 REDUÇÃO DA FREQUÊNCIA DAS VIBRAÇÕES TORÁCICAS APÓS COLAGEM DAS ETIQUETAS	20
4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS	23
5 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	23
5 ANEXO.....	29

1 INTRODUÇÃO

As abelhas sem ferrão (Apidae, Meliponini) são um grupo de abelhas eussociais com distribuição pantropical (MICHENER, 1974). Suas colônias perenes são constituídas de rainhas, operárias e machos (MICHENER, 1974). Os machos possuem papel na reprodução juntamente com a rainha (WILSON, 1971; HÖLLDOBLER; WILSON, 2009) e as operárias são responsáveis pela manutenção da colônia (WILSON, 1971; HÖLLDOBLER; WILSON, 2009), apresentando uma divisão de trabalho de acordo com a idade (BAUER et al., 2002). As abelhas jovens desempenham trabalhos no interior do ninho, como construção e provisionamento das células, alimentação dos indivíduos, limpeza do ninho (WILSON, 1971; WILLE, 1983), produção de cera e criação de potes de alimento (MICHENER, 1974). Quando mais velhas são responsáveis pela defesa do ninho e, no último estágio de vida, pela coleta de recursos (WILLE, 1983; HÖLLDOBLER; WILSON, 2009).

O forrageamento é essencial para a manutenção e sobrevivência das colônias de abelhas sociais (MICHENER, 1974). As forrageadoras coletam tanto recursos alimentares, principalmente pólen e néctar (WILSON, 1971; MICHENER, 1974), como materiais de construção do ninho, tais como resina de plantas, lama, fezes de animais e água (ROUBIK, 1989). O tempo utilizado durante o forrageamento é influenciado por diversos fatores, incluindo o tamanho e a experiência dos indivíduos (OSBORNE et al., 2013), fatores meteorológicos (CARVALHO-ZILSE et al., 2007) e o estado de conservação do ambiente (CASTELLETTI et al., 2004; LEAL et al., 2005).

Estudos sobre forrageamento de abelhas socias utilizam métodos como observações diretas e/ou gravações de vídeos da sua atividade de forrageamento, que restringem o levantamento dos dados para poucos minutos a cada hora (observação direta) ou são demorados na sua análise (monitoramento por vídeo) (HILARIO et al. 2001; NUNES-SILVA et al., 2010). No início desse século surgiu uma nova tecnologia de observação automatizada, utilizando microchips de identificação individual que são reconhecidos automaticamente em poucos milissegundos por um sistema de leitores na entrada dos ninhos (STREIT et al., 2003). Essa tecnologia de identificação por radiofrequência (*Radio Frequency Identification*, RFID) permite o monitoramento contínuo da entrada e saída de abelhas equipadas com uma etiqueta

(NUNES-SILVA et al., 2018). Para registrar as abelhas as etiquetas, os sensores na entrada dos ninhos emitem um sinal de radiofrequência, que é refletido pelo microchip colado no tórax da abelha e recebido pelo leitor. Dessa forma, em cada passagem pelo leitor o número exclusivo de cada microchip, associado a um determinado indivíduo, está registrado e o horário da ocorrência está gravado em um computador (STREIT, 2003; DECOUTRY, 2011).

Apesar do fato que o uso de sistemas RFID facilita o monitoramento do forrageamento de abelhas sociais (NUNES-SILVA et al., 2018), os microchips podem apresentar um problema para as abelhas, principalmente para abelhas pequenas ou de médio porte, que inclui a grande maioria das abelhas sem ferrão (CAMARGO; PEDRO, 2007). Os microchips disponíveis no mercado atualmente são relativamente grandes (1 mm²) e pesados (entre 3-6 mg) para abelhas deste porte (NUNES-SILVA et al., 2018). Essa massa adicional no tórax pode diminuir a eficiência do voo de forrageamento, visto que o aumento do peso resulta em um aumento no gasto energético dos indivíduos (NACHTIGALL et al., 1995). Além disso pode causar uma diminuição na frequência dos bater das asas porque altera as propriedades mecânicas do tórax (HRNCIR et al., 2008). Ambos esses efeitos fazem com que as abelhas demorem mais tempo forrageando por terem voos mais lentos (NACHTIGALL et al., 1995), e, assim, causam uma redução na eficiência de forrageamento.

A massa adicional no tórax pode influenciar não apenas as vibrações torácicas associadas ao movimento das asas, mas também as vibrações que as abelhas emitem durante a comunicação sobre fontes de alimento (HRNCIR et al., 2008). Forrageadoras de abelhas sem ferrão produzem vibrações torácicas pulsadas dentro do ninho quando retornam de fontes de alimento lucrativos (HRNCIR; BARTH, 2014). O vigor dessas vibrações está relacionada ao estado motivacional da forrageadora e, assim, indica às companheiras do ninho a qualidade da fonte de alimento (HRNCIR et al., 2000, 2004a, 2004b). A intensidade das vibrações é proporcional à frequência e à amplitude das oscilações torácicas (HRNCIR et al., 2008). Dessa forma, qualquer diminuição da frequência ou da amplitude das vibrações por causa das etiquetas RFID resultaria em uma redução do vigor desses sinais de comunicação, o que poderia ter um impacto negativo sobre o sucesso de recrutamento das abelhas (SCHMIDT et al., 2006; 2008; HRNCIR, 2009)

Até hoje, a maioria dos estudos de monitoramento automatizado do forrageamento de abelhas sociais utilizando sistemas RFID foram feitos com abelhas grandes, tais como *Bombus* spp. ou *Apis mellifera* (NUNES-SILVA et al., 2018). Devido ao tamanho corporal dessas espécies, a massa adicional das etiquetas talvez seja negligenciável e, por isso, não

causa nenhum efeito negativo. Porém, a situação pode ser diferente em abelhas pequenas ou de médio porte. Com isso, o objetivo desse estudo foi investigar se e de qual maneira os microchips RFID influenciam as vibrações torácicas de forrageadoras de uma espécie de abelha sem ferrão de médio porte, *Melipona subnitida*. Especificamente buscou-se responder (1) se/como a presença do microchip no tórax interfere na frequência e na amplitude das vibrações torácicas associadas ao movimento das asas durante o voo e (2) se/como os microchips modificam a frequência, a amplitude ou parâmetros temporais (duração dos pulso, duração dos intervalos) de vibrações pulsadas.

2 MATERIAL E MÉTODOS

2.1 PERÍODO, LOCAL DE ESTUDO E ESPÉCIE ESTUDADA

Os experimentos foram realizados em julho e agosto de 2018 no Meliponário Imperatriz, localizado no Espaço ASA (Abelhas Semiárido) no campus oeste da Universidade Federal Rural do Semi-Árido (UFERSA) (5°11'S, 37°20' O), na cidade de Mossoró, estado do Rio Grande do Norte, Brasil. Para os experimentos foram utilizadas 15 colônias de *Melipona subnitida* Ducke 1910 (Apidae, Meliponini), uma espécie de abelha sem ferrão conhecida popularmente como Jandaíra, que tem distribuição geográfica natural no nordeste do Brasil (ZANELLA, 2000) e é nativa do bioma Caatinga (ZANELLA, 2000; CAMARGO; PEDRO, 2007). *Melipona subnitida* é considerada uma abelha de médio porte, com distância intertegular média de 2,79 mm (TEIXEIRA-SOUZA, 2017) e um peso médio de 141,8 mg. Essa espécie é caracterizada por possuir cabeça e abdômen de cor preta e tórax piloso de coloração ferrugínea (CARVALHO; ZANELLA, 2017).

2.2 COLETA DE FORRAGEADORAS E VIBRAÇÕES TORÁCICAS

Abelhas forrageiras de pólen foram coletadas na entrada de suas colônias com tubos falcon no turno da manhã, sendo este o período de maior coleta de pólen de *M. subnitida* (MAIA-SILVA et al., 2015). Com o intuito de reduzir o tempo de manuseio das abelhas,

tendo em vista que este pode interferir em suas vibrações (HRNCIR 2009; HRNCIR et al., 2011), foi coletado uma forrageira por vez.

As abelhas coletadas tiveram seus pescoços frouxamente presos a uma forca, constituída por uma linha nylon (diâmetro: 0,35 mm), presa à abertura de uma agulha seringa (HRNCIR et al., 2008) (Figura 1). Quando tem seus pescoços presos a forca, forrageiras de abelhas sem ferrão reproduzem vibrações torácicas associadas ao movimento das asas durante o voo fixado e vibrações torácicas pulsadas quando em contato com o substrato (HRNCIR et al., 2008). As vibrações pulsadas são semelhantes às reproduzidas durante o recrutamento (HRNCIR et al., 2008).



Figura 1 – Forrageira de *Melipona subnitida* na forca. Forrageiras quando presas à forca geram vibrações torácicas. Estas foram gravadas por um vibrômetro a laser (indicado pela luz vermelha no tórax).

2.3 GRAVAÇÃO DAS VIBRAÇÕES

Quando presa à forca, a forrageadora foi levada até o vibrômetro a laser (Laser-Portable Digital Vibrometer, PDV100; Polytec: Alemanha), que captura vibrações de uma superfície através de um raio de laser. O vibrômetro foi posicionado com a luz do laser direcionado ao tórax da abelha (HRNCIR et al., 2008). As abelhas presas à forca foram pintadas na região do tórax com tinta branca atóxica para a aumentar o reflexo do raio de laser. As vibrações

capturadas pelo vibrômetro foram gravadas em um notebook através de uma placa de som (PSC 805, Philips: China) e o software Soundforge 7.0 (Sony Pictures Digital Inc.: EUA). Para a análise das gravações foram utilizados os softwares SpectraPRO 3.32 (Sound Technology Inc.: EUA) e Sigma Plot 12.5 (Systat Software Inc.: EUA).

Após as gravações das vibrações, as abelhas foram colocadas em tubos falcon e mortas por congelamento. Foi adicionado álcool 70% para conservação dos indivíduos para posterior análise morfométrica

2.4 PARÂMETROS DAS VIBRAÇÕES ANALISADOS

Foram analisados os seguintes parâmetros para as vibrações torácicas pulsadas: a frequência dominante do pulso (FP-Hz), a amplitude do pulso (AP-mms), a duração do pulso (DP- ms) e o intervalo entre os pulsos (IP-ms) (Figura 2). Para as vibrações torácicas associadas ao movimento das asas foram avaliadas a frequência dominante da vibração (FV) e a amplitude da vibração (AV) (Figura 2), os outros parâmetros não foram avaliados, tendo em vista que no voo não há pulsos. Em cada etapa experimental (veja abaixo) foram analisados 10 pulsos das vibrações pulsadas e 10 recortes da gravação das vibrações do voo por abelha. Dessas 10 medidas de cada parâmetro analisado (FP, AP, DP, IP, FV, AV) foi calculada a média aritmética do indivíduo em cada etapa experimental.

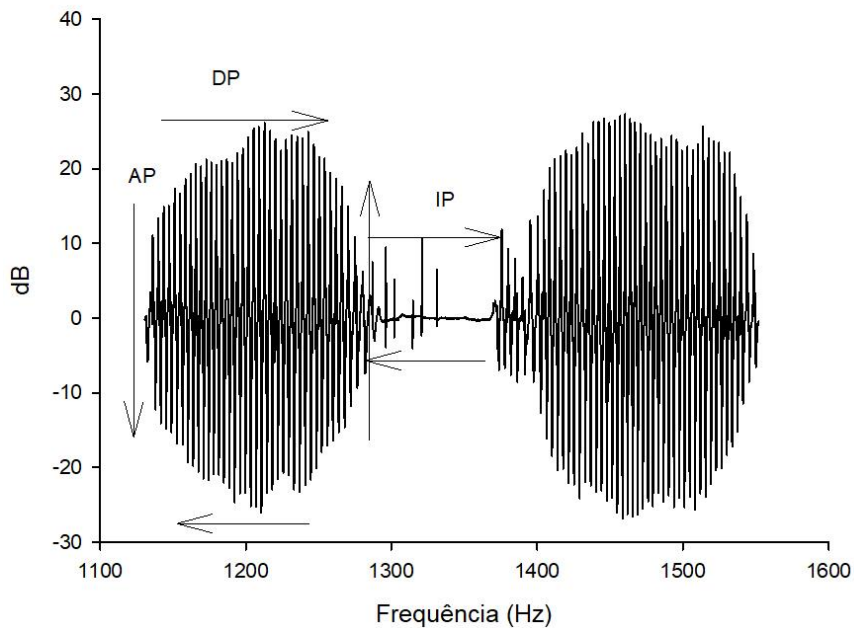


Figura 2 – Análise de pulsos vibratórios de *M. subnitida* demonstrando os parâmetros avaliados: Amplitude do pulso (AP), duração do pulso (DP), e intervalo do pulso (IP). Os dados foram extraídos apenas como forma ilustrativa para demonstrar os parâmetros analisados de uma vibração de *M. subnitida*.

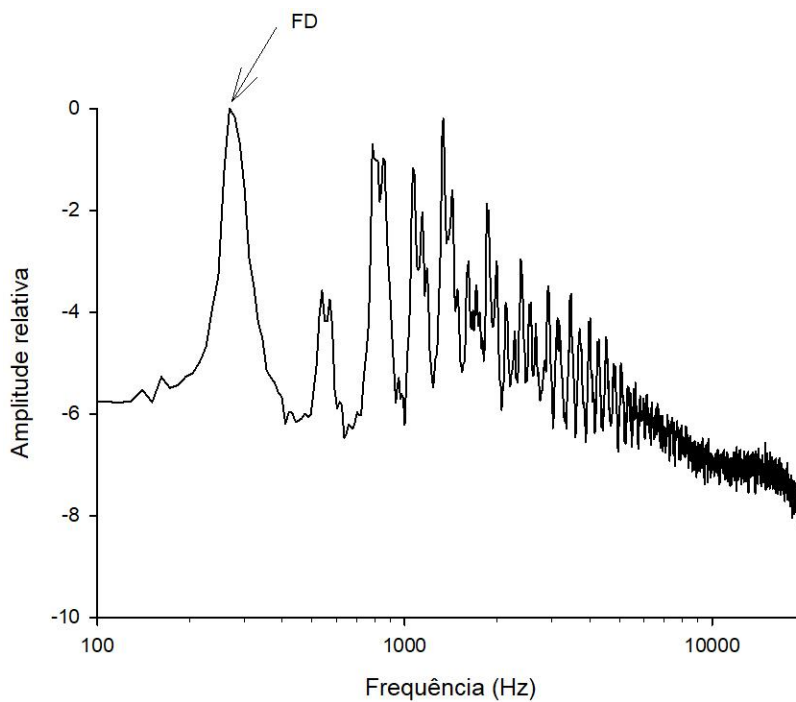


Figura 3- Análise da frequência dominante. A frequência dominante (FD) é representada pelo pico na figura, sendo a que emprega mais energia.

2.5 INFLUÊNCIA DAS ETIQUETAS RFID SOBRE VIBRAÇÕES TORÁCICAS

Objetivando compreender se e como as etiquetas RFID em forrageadoras de *M. subnitida* influencia as vibrações torácicas, as abelhas foram alocadas a tratamentos experimentais diferentes. Antes de cada tratamento, as vibrações das abelhas presas à força foram gravadas (vibrações pulsadas e vibrações do voo). Os tratamentos foram: (T1-controle) as forrageadoras permaneceram inalteradas, apenas com a marcação inicial da tinta branca atóxica, que servirá de parâmetro para analisar se o manuseio da abelha influencia as características das vibrações; (T2-cola) foi colocada a mesma quantidade de cola (LOCTITE super bonder, pincel; Henkel: Irlanda) no tórax da forrageadoras utilizada na montagem das etiquetas; (T3-RFID) foi colado um microchip RFID (pintado com tinta branca para que possa ser lido pelo laser) no tórax das forrageadoras. Após o respectivo tratamento foi repetida a gravação das vibrações torácicas. O intervalo entre as duas gravações era de aproximadamente dois minutos. Em cada tratamento foram utilizadas 10 forrageiras de pólen.

2.6 ANÁLISE DE DADOS

Para cada abelha foram analisados 10 pulsos das vibrações pulsadas e 10 recortes das vibrações de voo em cada etapa experimental (antes e depois do tratamento). Os valores médios dos parâmetros analisados para cada abelha (FP, AP, DP, IP, FV, AV) foram comparados entre as etapas experimentais utilizando um Teste *t* pareado. Caso os dados não possuísem distribuição normal ou variâncias iguais foi realizado um teste *U* de Wilcoxon-Mann-Whitney. Para as análises consideramos o nível de significância de 5% ($P \leq 0,05$).

3 RESULTADOS

3.1 FREQUÊNCIA DOMINANTE DAS VIBRAÇÕES TÓRACICAS

Nos tratamentos T1 (controle) e T2 (cola), a frequência dominante das vibrações torácicas associadas ao movimento das asas não mudaram significativamente entre as situações antes e depois do respectivo tratamento (T1: $FV_{\text{antes}} = 238,8 \pm 63,9$ Hz, $FV_{\text{depois}} = 246,6 \pm 79,5$ Hz, Teste t pareado: $t = -0,292$, $gl = 9$, $P = 0,777$; T2: $FV_{\text{antes}} = 223,5 \pm 67,1$ Hz, $FV_{\text{depois}} = 256,0 \pm 102,9$ Hz, Teste t pareado: $t = -0,791$, $gl = 9$, $P = 0,449$). Já em T3 (cola + etiqueta RFID) a frequência média das vibrações do voo diminuiu significativamente após o tratamento (T3: $FV_{\text{antes}} = 240,1 \pm 216,3$ Hz, $FV_{\text{depois}} = 209,36 \pm 194,9$ Hz, Teste U : $V = -41,0$, $gl = 9$, $P = 0,037$) (Figura 4).

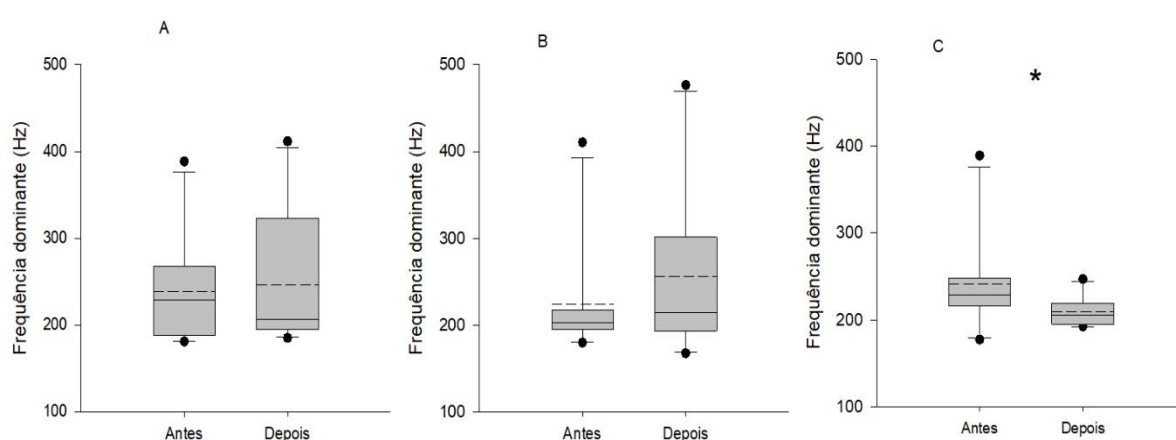


Figura 4 – Frequência dominante das vibrações torácicas de voo das forrageadoras de *M. subnitida* nos três tratamentos experimentais (A: T1-controle, B: T2-cola, C: T3-RFID). Para T1 e T2 não houveram diferenças significativas entre a situação experimental antes e depois do tratamento, diferente de T3. No gráfico de caixa a caixa representa a distribuição de 50 % dos valores, a linha contínua dentro da caixa indica a mediana, as hastes determinam a distribuição de 80 % dos valores e as esferas os valores extremos. O asterisco significa a diferença significativa entre os grupos.

A frequência dominante das vibrações torácicas pulsadas não mostrou diferença significativa após o tratamento no grupo T1 (T1: $FP_{\text{antes}} = 328,7 \pm 58,5$ Hz, $FP_{\text{depois}} = 363,2 \pm 159,7$ Hz, Teste U : $V = 7,0$, $gl = 9$, $P = 0,770$). Já os tratamentos T2 e T3 resultaram em uma diminuição significativa da frequência dominante das vibrações pulsadas (T2: $FP_{\text{antes}} = 433,7 \pm 146,6$ Hz, $FP_{\text{depois}} = 283,7 \pm 78,8$ Hz, Teste t pareado: $t = 2,555$, $gl = 9$, $P = 0,029$; T3: $FP_{\text{antes}} = 433,7 \pm 146,6$ Hz, $FP_{\text{depois}} = 283,7 \pm 78,8$ Hz, Teste t pareado: $t = 2,555$, $gl = 9$, $P = 0,029$).

antes = $395,1 \pm 90,2$ Hz, FP_{depois} = $300,1 \pm 63,3$ Hz, Teste *t* pareado: $t = 2,553$, $df = 9$, $P = 0,031$) (Figura 5).

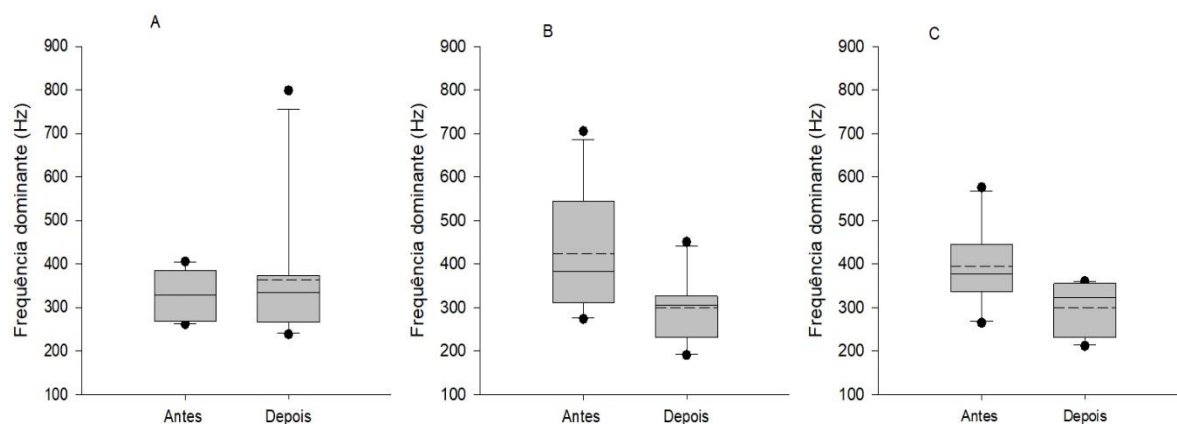


Figura 5 – Relação da frequência dominante das vibrações torácicas pulsadas das forrageadoras de *M. subnitida* nos tratamentos experimentais (A: T1-controle, B: T2-cola, C: T3-RFID). As forrageadoras do grupo controle (T1) não foram afetadas, enquanto que em T2 e T3 as forrageadoras de *M. subnitida* diminuíram a frequência dominante das vibrações e após o tratamento. No gráfico de caixa a caixa representa a distribuição de 50 % dos valores, a linha contínua dentro da caixa indica a mediana, as hastes determinam a distribuição de 80 % dos valores e as esferas os valores extremos. O asterisco significa a diferença significativa entres os grupos.

3.2 AMPLITUDE DAS VIBRAÇÕES TÓRACICAS

Ao contrário das frequências dominantes das vibrações torácicas, sua amplitude não foi afetada pelos tratamentos. Em nenhum grupo experimental houve diferença significativa entre as amplitudes das vibrações de voo e das vibrações pulsadas gravadas antes e depois dos respectivos tratamentos (Vibrações de voo: T1: AV_{antes} = $19,3 \pm 18,4$ mms, AV_{depois} = $18,9 \pm 18,3$ mms, Teste *t* pareado: $t = -1,094$, $gl = 9$, $P = 0,302$; T2: AV_{antes} = $36,5 \pm 28,8$ mm/s, AV_{depois} = $29,1 \pm 20,5$ mms, Teste *t* pareado: $t = 1,203$, $gl = 9$, $P = 0,260$; T3: AV_{antes} = $49,6 \pm 18,5$ mm/s, AV_{depois} = $48,7 \pm 19,3$ mms, Teste *t* pareado: $t = 0,207$, $gl = 9$, $P = 0,840$; Vibrações pulsadas: T1: AV_{antes} = $105,2 \pm 113,9$ mm/s, AV_{depois} = $93,8 \pm 92,3$ mms, Teste *t* pareado: $t = 0,896$, $gl = 9$, $P = 0,394$; T2: AV_{antes} = $148,4 \pm 90,8$ mms, AV_{depois} = $126,5 \pm 62,5$ mms, Teste *t* pareado: $t = 0,839$, $gl = 9$, $P = 0,423$; T3: AV_{antes} = $170,1 \pm 91,5$ mms, AV_{depois} = $151,9 \pm 100,8$ mms, Teste *t* pareado: $t = 0,442$, $gl = 9$, $P = 0,669$) (Figuras 6-7).

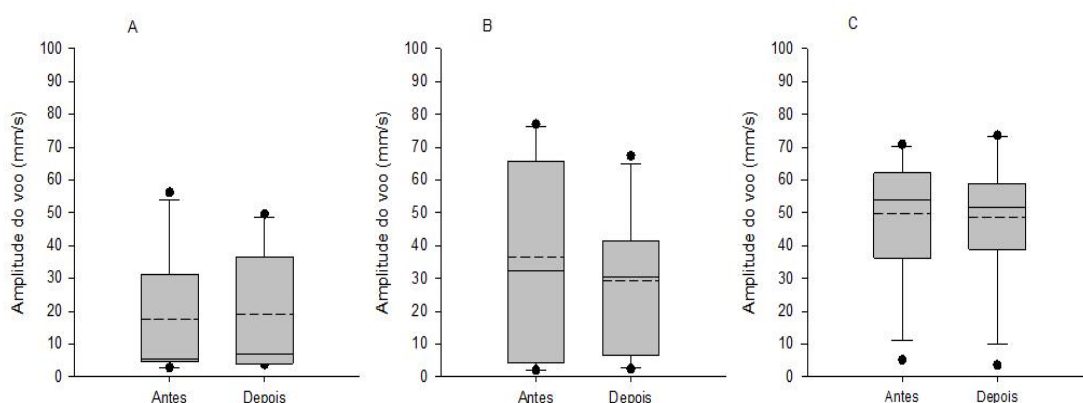


Figura 6 – Amplitude das vibrações torácicas de voo das forrageadoras de *M. subnitida* nos três tratamentos experimentais (A: T1-controle, B: T2-cola, C: T3-RFID). Em nenhum tratamento, a amplitude das vibrações foi alterada durante o experimento. No gráfico de caixa a caixa representa a distribuição de 50 % dos valores, a linha contínua dentro da caixa indica a mediana, as hastes determinam a distribuição de 80 % dos valores e as esferas os valores extremos. O asterisco significa a diferença significativa entres os grupos.

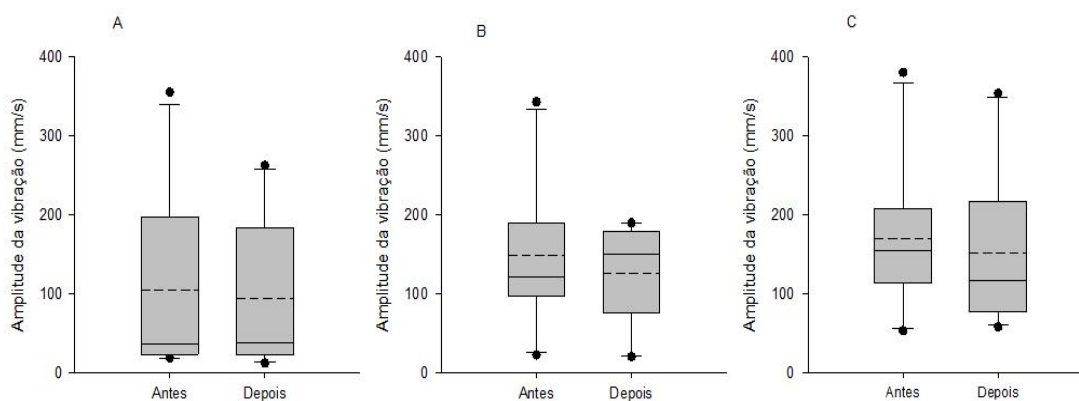


Figura 7 – Amplitude das vibrações torácicas pulsadas das forrageadoras de *M. subnitida* nos três tratamentos experimentais (A: T1-controle, B: T2-cola, C: T3-RFID). Em nenhum tratamento, a amplitude das vibrações foi alterada durante o experimento. No gráfico de caixa a caixa representa a distribuição de 50 % dos valores, a linha contínua dentro da caixa indica a mediana, as hastes determinam a distribuição de 80 % dos valores e as esferas os valores extremos. O asterisco significa a diferença significativa entres os grupos.

3.3 DURAÇÃO E INTERVALO ENTRE PULSOS

Os parâmetros temporais dos pulsos vibratórios (duração dos pulsos e intervalo entre os pulsos) não foram influenciados pelos tratamentos (T1: $DP_{\text{antes}} = 0,304 \pm 0,120$ ms, $DP_{\text{depois}} = 0,252 \pm 0,093$ ms, Teste t pareado: $t = 1,277$, $gl = 9$, $P = 0,231$; $IP_{\text{antes}} = 0,101 \pm 0,028$ ms, $IP_{\text{depois}} = 0,272 \pm 0,396$ ms, Teste U : $V = 21,0$, $gl = 9$, $P = 0,322$; T2: $DP_{\text{antes}} = 0,429 \pm 0,355$ ms, $DP_{\text{depois}} = 0,357 \pm 0,150$ ms, Teste U : $V = 6,0$, $gl = 9$, $P = 0,831$; $IP_{\text{antes}} = 0,128 \pm 0,067$ ms, $IP_{\text{depois}} = 0,127 \pm 0,072$ ms, Teste t pareado: $t = 0,003$, $gl = 9$, $P = 0,997$; T3: $DP_{\text{antes}} = 0,257 \pm 0,125$ ms, $DP_{\text{depois}} = 0,302 \pm 0,144$ ms, Teste t pareado: $t = -0,734$, $gl = 9$, $P = 0,482$; $IP_{\text{antes}} = 0,156 \pm 0,108$ ms, $IP_{\text{depois}} = 0,310 \pm 0,262$ ms, Teste U : $V = 31,0$, $df = 9$, $P = 0,131$) (Figuras 8-9).

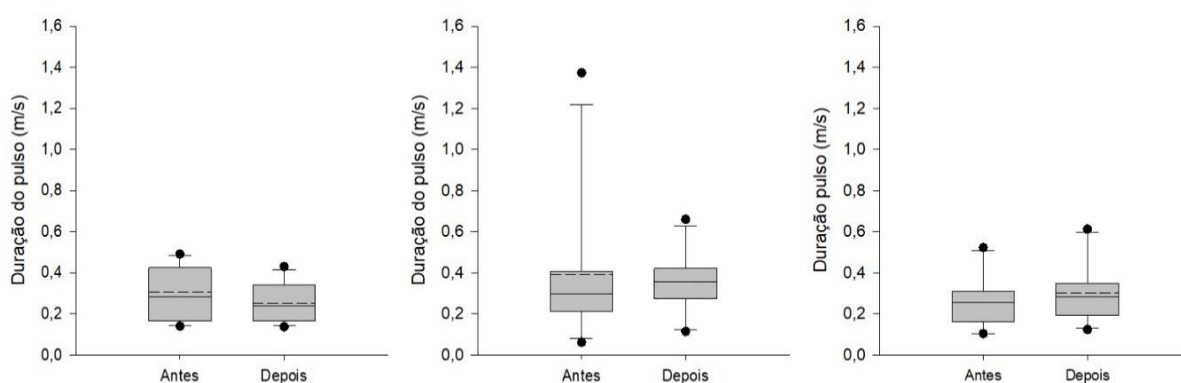


Figura 8 – Duração dos pulsos das vibrações torácicas pulsadas das forrageadoras de *M. subnitida* nos três tratamentos experimentais (A: T1-controle, B: T2-cola, C: T3-RFID). A duração dos pulsos vibratórios não foi alterada significativamente em nenhum tratamento. No gráfico de caixa a caixa representa a distribuição de 50 % dos valores, a linha contínua dentro da caixa indica a mediana, as hastes determinam a distribuição de 80 % dos valores e as esferas os valores extremos. O asterisco significa a diferença significativa entre os grupos.

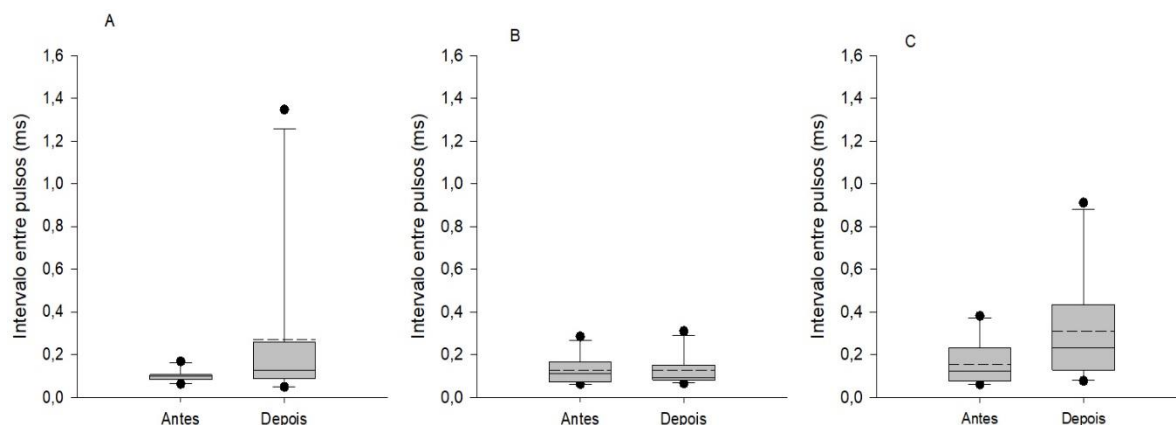


Figura 9 – Intervalo entre os pulsos das vibrações torácicas pulsadas das forrageadoras de *M. subnitida* nos três tratamentos experimentais (A: T1-controle, B: T2-cola, C: T3-RFID). A duração dos pulsos vibratórios não foi alterada significativamente em nenhum tratamento. No gráfico de caixa a caixa representa a distribuição de 50 % dos valores, a linha contínua dentro da caixa indica a mediana, as hastes determinam a distribuição de 80 % dos valores e as esferas os valores extremos. O asterisco significa a diferença significativa entre os grupos.

4 DISCUSSÃO

Os resultados desse estudo demonstram, que a utilização de etiquetas RFID coladas com super bonder no tórax das abelhas interfere nas frequências dominantes das vibrações torácicas produzidas por forrageadoras de *Melipona subnitida*, provavelmente devido ao peso das etiquetas.

4.1 REDUÇÃO DA FREQUÊNCIA DOMINANTE DAS VIBRAÇÕES TORÁCICAS APÓS COLAGEM DAS ETIQUETAS

A redução na frequência dominante das vibrações torácicas associadas ao movimento das asas após colar a etiqueta RFID (tratamento T3) pode estar relacionado ao peso adicional sobre o tórax (chip + cola) das abelhas. Cargas elevadas podem afetar o desempenho dos músculos, responsáveis pelas oscilações do tórax e, conseqüentemente, o movimento das asas (HILL et al., 2012). Com o aumento da carga, a velocidade, com que as fibras musculares contraem, é

reduzida (HILL et al., 2012). Essa redução da velocidade de contração muscular é associada a mudanças na conversão de energia química de ATP em energia mecânica, processo realizado pelas fibras de miosina. Para a execução dos movimentos é necessário geração de forças, que se dá pela interação da miosina com a actina (HILL et al., 2012). Cargas maiores aplicadas ao músculo reduzem a taxa com que as miosinas desligam-se das actinas, dessa forma, reduzindo a velocidade de encurtamento das fibras musculares (HILL et al., 2012). Isso significa que, com uma carga adicional sobre o tórax dos indivíduos, a capacidade de conversão de energia torna-se mais demorada, e consequentemente os movimentos tornam-se mais lentos, implicando em uma menor frequência de bater das asas. Adicionalmente à redução da velocidade de contração muscular, cargas adicionais reduzem a frequência da ressonância do tórax (HRNCIR et al., 2008). Durante o voo, as oscilações do tórax, que geram o movimento das asas, ocorrem na frequência de ressonância do tórax (ROEDER, 1951; NACHTIGALL; WILSON, 1967; HRNCIR et al., 2008). Essa frequência de ressonância está relacionada à frequência natural do tórax, que está alterada com cada modificação do sistema (por exemplo: adição de peso) e, assim, a frequência das oscilações do tórax durante o voo está alterada (HRNCIR et al., 2008).

A redução na frequência de das vibrações torácicas associadas ao movimento das asas resulta em voos mais lentos (NACHTIGALL et al., 1995). Com isso, as forrageadoras demoram mais a chegar em uma fonte de recurso, gastando mais energia e tornando elas mais expostas ao sol e a predadores. Também, devido ao gasto energético elevado por causa do peso adicional, forrageadoras tendem a diminuir a distância percorrida durante o voo e a aumentar os períodos de inatividade (HAGEN et al., 2011) e reduzem a quantidade de recursos coletados (SWITZER; COMBES, 2016). Assim, a utilização de etiquetas RFID pode ter impactos negativos sobre a eficiência da coleta de recursos por abelhas sociais.

Não apenas as vibrações torácicas do voo foram alteradas pelo tratamento com as etiquetas RFID. Nas vibrações pulsadas também havia uma redução da frequência dominante dos pulsos. Neste caso, porém, essa mudança nas características das vibrações é provavelmente associada ao uso da cola, já que o tratamento T2 (apenas cola) também resultou em uma redução parecida na frequência dominante. Vibrações torácicas pulsadas são oscilações forçadas (HRNCIR et al., 2008), onde a força aplicada depende da motivação das abelhas (HRNCIR et al., 2004). Em abelhas *Apis mellifera* foi demonstrado que a aplicação de certas substâncias químicas, incluindo toxinas e drogas, causa alterações no estado motivacional dos indivíduos, afetando assim os sinais de comunicação (SCHEINER et al.,

2002; BARRON et al., 2007, 2009). Portanto, substâncias químicas dentro do super bonder provavelmente levaram a uma redução da motivação das forrageadoras de *M. subnitida* e, conseqüentemente, a uma redução da frequência dominante das vibrações pulsadas pode fazer com que a transmissão das vibrações seja reduzida. Em abelhas sem ferrão, as vibrações torácicas durante o recrutamento são transmitidas pelo substrato às companheiras do ninho (HRNCIR; BARTH, 2014). Um fator importante para alcançar abelhas receptoras a uma certa distância é a força da vibração produzida. Quanto maior a força (proporcional a: frequência $\times$ amplitude), maior a probabilidade que as vibrações sejam percebidas por outras abelhas (AUTRUM; SCHNEIDER, 1948). Nos insetos a percepção de vibrações do substrato inclui vários órgãos sensoriais (GULLAN; CRANSTON, 2017). Nas abelhas, especificamente, essa percepção está associada ao órgão subgenual (AUTRUM; SCHNEIDER, 1948). Quando o tórax vibra, conseqüentemente a perna vibrará (HRNCIR et al., 2000, HRNCIR et al., 2006 a, b), esta representa a ligação entre o tórax e substrato (HRNCIR et al., 2006 a, b). Por causa dos tratamentos com chips RFID, a frequência das vibrações e, conseqüentemente, a força foram reduzidas, o que dificultara a transferência de informações entre os indivíduos, pois o órgão subgenual da abelha receptora não irá conseguir perceber nitidamente as vibrações, por se encontrar abaixo do seu limiar, comprometendo a comunicação dos indivíduos.

A redução na eficiência da transferência de vibrações pode comprometer o recrutamento, devido problemas na passagem de informações sobre os recursos coletados (HRNCIR, 2009). Desse modo, a utilização de etiquetas RFID possivelmente leva a uma redução do sucesso de recrutamento de novas forrageadoras e, com isso, a uma redução na coleta cooperativa de recursos. Adicionalmente, a exposição a produtos químicos provoca alterações no comportamento das abelhas, como aumento da mortalidade, menor atividade das forrageiras (GILL et al., 2012) e problemas na orientação durante o voo de retorno (CHAUZAT et al., 2009).

Ao contrário das frequências dominantes das vibrações torácicas, os outros parâmetros analisados não foram alterados entre tratamentos utilizados no presente estudo. O mais importante desses é a duração dos pulsos vibratórios. Em abelhas sem ferrão, as forrageadoras produzem vibrações pulsadas, e a duração dos pulsos está relacionada à qualidade do recurso coletado (HRNCIR et al., 2004; HRNCIR, 2009; HRNCIR; BARTH, 2014). O fato que os tratamentos com as etiquetas RFID não levou a uma alteração dos pulsos sugere, que a utilização dessa técnica de monitoramento automatizado possivelmente não causa mudanças nas mensagens desses sinais de comunicação.

4.2 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo demonstrou que nenhum dos parâmetros das vibrações torácicas avaliadas foi influenciado no tratamento controle, indicando que o tempo de manuseio não afetou os indivíduos, bem como sua utilização para experimentos. Por outro lado, a utilização de etiquetas RFID e da cola resultam em uma menor frequência dominante das vibrações torácicas, o que pode resultar em uma diminuição na eficiência do forrageamento individual (voos mais lentos, maior gasto de energia) e do forrageamento colonial (transferência dos sinais vibratórios comprometido). Com isso, concluímos que a técnica de monitoramento automatizado com sistemas RFID precisa ser utilizado com cautela em abelhas sem ferrão de médio porte (*Melipona subnitida*), tendo em vista o potencial comprometimento de seu voo, comunicação e recrutamento.

5. REFERÊNCIAS

- AUTRUM, H.; SCHNEIDER, W. Vergleichende Untersuchungen Über den Erschütterungssinn der Insekten. **Journal of Comparative Physiology**, v. 31, p. 77-88, out. 1948.
- BALDERRAMA, N.M; ALMEIDA, L.O; NÚÑEZ, J.A. Metabolic rate during foraging in the honeybee. **Journal of Comparative Physiol B**, n.162, p.440-447.1992.
- BARRON, A. B.; MALESZKA, R.; VANDER MEER, R. K.; ROBINSON, G. E. Octopamine modulates honey bee dance behavior. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 104, p. 1703-1707, 2007.
- BARRON, A. B.; MALESZKA, R.; HELLIWELL, P. G.; ROBINSON, G. E. Effects of cocaine on honey bee dance behaviour. **Journal of Experimental Biology**, v. 212, p. 163-168. 2008.

CAMARGO, J. M. F.; PEDRO, S. R. M. Meliponini Lepeletier. In: MOURE, J. S.; URBAN, D.; MELO, G. A. R. (Org.). **Catalogue of Bees (Hymenoptera, Apoidea) in the Neotropical Region**. Curitiba: Sociedade Brasileira de Entomologia, 2007. p. 272-578.

CARVALHO, A.T.; ZANELLA, F.C.V; Espécies de abelhas sem ferrão criadas no estado do Rio Grande do Norte. IMPERATRIZ-FONSECA, V.L.; HRNCIR, M.; KOEDAM, D. (ed.). **A abelha jandaíra no passado, no presente e no futuro**. 1 ed. Mossoró, 2017.p. 49.

CASTELLETTI, C. H. M. Quanto ainda resta da caatinga? Uma estimativa preliminar. In SILVA, J. M. C. et AL. (Eds.) **Biodiversidade da caatinga: áreas e ações prioritárias para a conservação**. Brasília: Ministério Do Meio Ambiente, 2004. p. 92-100.

CHAUZAT, M.P; CARPENTIER, P; MARTEL, A, C; BOUGEARD, S; COUGOULE, N; PORTA, P; LACHAIZE, J; MADEC, F; AUBERT, M; FAUCON, J.P. Influence of Pesticide Residues on Honey Bee (Hymenoptera: Apidae) Colony Health in France. **Environmental Entomology of America**, v. 38, n. 3, p. 514-523, jun. 2009.

DECOURTYE, A; DEVILLERS, J; AUPINEL, P; BRUN, F; BAGNIS, C; FOURRIER J, GAUTHIER, M. Honeybee tracking with microchips: A new methodology to measure the effects of pesticides. **Ecotoxicology**, v.20, p.429-437, jan.2011.

GILL, R. J.; RAMOS-RODRIGUES, O.; RAINE, N. E. Combined pesticide exposure severely affects individual-and colony-level traits in bees. **Nature**, v. 491, p. 105-108, nov. 2012.

HAGEN, M.; WIKELSKI, M.; KISSLING, D. Space use of bumblebees (*Bombus spp.*) revealed by radio-tracking. **Plos One**, v. 6, n. 5, p. 1-10, mai. 2011.

HEDENSTROM, A. How Insect Flight Steering Muscles Work. **Plos biology**, Lund, v.12, march. 2014.

HRNCIR, M.; GRAVEL, I. A.; SCHORKOPF, P.L.D., SCHMIDT, M. V.; ZUCCHI, R.; Barth, G. F. Thoracic vibrations in stingless bees (*Melipona seminigra*): resonances of the thorax influence vibrations associated with flight but not those associated with sound production, **The journal of experimental biology**, n.211, p.678-685.2008.

HRNCIR, M.; JARAU, S., ZUCCHI, R.; BARTH, F. G. Recruitment behavior in stingless bees, *Melipona scutellaris* and *M. quadrifasciata*. II. Possible mechanisms of communication. **Apidologie**, v. 31, p. 93-113, 2000.

HRNCIR, M., JARAU, S., ZUCCHI, R.; BARTH, F. G. Thorax vibrations of a stingless bee (*Melipona seminigra*). I. No influence of visual flow. **J. Comp. Physiol. A** n.190, p539-548, 2004 a.

HRNCIR, M., JARAU, S., ZUCCHI, R. AND BARTH, F. G. Thorax vibrations of a stingless bee (*Melipona seminigra*). II. Dependence on sugar concentration. *J. Comp. Physiol. A* 190, p. 549-560, 2004b.

HRNCIR, M.; BARTH, F. G.; TAUTZ, J. Vibratory and Airborne-Sound Signals in Bee Communication (Hymenoptera). In: DROSOPOULOUS, S.; CLARIDGE, M. F. (ed.). **Insect sound and communication: Physiology, Behaviour, Ecology and Evolution**.p. 421-436. 2006a.

HRNCIR, M. et al. Vibrating the food receivers: A direct way of signal transmission in stingless bees (*Melipona seminigra*). **Journal of Comparative Physiology A: Neuroethology, Sensory, Neural, and Behavioral Physiology**, v. 192, p.879-887, abr. 2006b.

HRNCIR, M. Mobilizing the foraging force – mechanical signals in stingless bee recruitment. In: JARAU, S.; HRNCIR, M. (Ed.) **Food exploitation in social insects: ecological, behavioral and theoretical approaches**. Boca Raton: CRC-Press, 2009. p. 199-221.

HRNCIR, M.; MAIA-SILVA, C.; MCCABE, S.I.; FARINA, W. M. The recruiter's excitement—features of thoracic vibrations during the honey bee's waggle dance related to food source profitability. **The journal of experimental biology**. n. 214, p. 4055–4064, 2011.

HRNCIR, M.; BARTH, F. G. Vibratory Communication in Stingless Bees (Meliponini): The Challenge of Interpreting the Signals. In: COCROFT, R. B.; GOGALA, M.; HILL, P. S. M.; WESSEL, A. (ed.). **Studying vibrational communication**. Cidade: Springer, p. 349-374. 2014.

HRNCIR, M.; BARTH, F. G. Vibratory communication in stingless bees (Meliponini): The challenge of interpreting the signals. In: COCKROFT, R. B.; GOGALA, M.; HILL, P. S. M.; WESSEL, A. (Ed.) **Studying vibrational communication**. Berlin: Springer Verlag, 2014. p. 349-374

HILL, R.W; WYSE, G.A; ANDERSON, M. Músculo. **Fisiologia animal**. 2.ed. Porto Alegre: Artmed, 2012. p.497-506.

LEAL, I. et al. Mudando o curso da concentração da biodiversidade na caatinga do nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1. a. 1, 2005.

MAIA-SILVA, C.; HRNCIR, M., Inê, C.; Survival strategies of stingless bees (*Melipona subnitida*) in an unpredictable environment, the Brazilian tropical dry forest. **Apidologie**, v. 46, n. 5, p. 631-643, 2015.

MICHENER, C. D. The Social Behavior of the Bees. Cambridge, Massachusetts: Harvard University Press. 1974.

NACHTIGALL, W., HANAUER-THIESER, U., MÖRZ, M. Flight of the honey bee VII: metabolic power versus flight speed relation. **Journal of Comparative Physiology B**, v. 165, p. 484-489, 1995.

NACHTIGALL, W.; WILSON, D. M. Neuro-muscular control of dipteran flight. **Journal of Experimental Biology**, v. 47, p. 77-97, 1967

NIEH, J. C; Roubik, D.W. Potential mechanisms for the communication of height and distance by a stingless bee, *Melipona panamica*. *Behav Ecol Sociobiol* 43:387–399. 1998.

NUNES-SILVA, P.; HRNCIR, M.; IMPERATRIZ-FONSECA, V.L. Thoracic vibrations in stingless bees: is body size important for an efficient buzz pollination. 2008.

OSBORNE, J.L.; SMITH, A; CLARK, S.J.; REYNOLDS, D.R; BARRON, M.C; LIM, K.S; REYNOLDS, M. The Ontogeny of Bumblebee Flight Trajectories: From Naïve Explorers to Experienced Foragers. **Plos one**, v.8, november. 2013.

ROEDER, K. D. Movements of the thorax and potential changes in the thoracic muscles of insects during flight. **Biological Bulletin**, v. 100, p. 95-106, 1951.

ROUBIK, D. W. **Ecology and Natural of Tropical Bees**. Cambridge-MA, USA. Cambridge University Press, 1989. p, 514.

SCHEINER, R.; PLÜCKHAHN, S.; ÖNEY, B.; BLENAU, W.; ERBER, J. Behavioural pharmacology of octopamine, tyramine and dopamine in honey bees. **Behavioural Brain Research**, v. 136, p. 545-553, 2002.

SCHMIDT, V. M.; ZUCCHI, R.; BARTH, F. G. Recruitment in a scent trail laying stingless bee (*Scaptotrigona* aff. *depilis*): Changes with reduction but not with increase of the energy gain. **Apidologie**, v. 37, p. 487-500, 2006.

SCHMIDT, M. M.; HRNCIR, M.; SCHORKOPF, D. L. P.; MATEUS, S.; ZUCCHI, R.; BARTH, F. G. Food profitability affects intranidal recruitment behaviour in the stingless bee *Nannotrigona testaceicornis*. **Apidologie**, v. 39, p. 260-272, 2008

STREIT, S; BOCK, F; PIRK, C.W.W; TAUTZ, J. Automatic life-long monitoring of individual insect behaviour now possible. **Zoology**, v. 106, p.169-171, july./august.2003.

SWITZER, C. M.; COMBES, S. A. *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) display reduced pollen foraging behavior when marked with bee tags vs. paint. **Journal of Melittology**, n. 62, p. 1-13, 18 jul. 2016.

TEIXEIRA-SOUZA, V.H. **Adaptações de abelhas sem ferrão nativas da Caatinga (*Melipona subnitida*) para lidar com as temperaturas elevadas durante o forrageamento.** 2017. 32 p. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação)- Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2017.

WILLE, A. Biology of the stingless bees. **Annual Review of Entomology**, v. 28, p.41-64, 1983.

WILSON, E. O.; HOLLOBLER, B. Eusociality: origin and consequences. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 38, p. 13367-13371, set. 2005.

WILSON, E. O. **The insect societies.** Cambridge: Harvard University Press 1971, 548p.

WILSON, E. O.; HOLLOBLER, B. Eusociality: origin and consequences. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 102, n. 38, p. 13367-13371, set. 2005.

ZANELLA, F. C. V. The bees of the Caatinga (Hymenoptera, Apoidea, Apiformes: a species list and comparative notes regarding their distribution. **Apidologie**, v.31, n. 5, p. 579–592, 2000.

ZANELA, F. C. V.; MARTINS, C. F. Abelhas da caatinga: biografia, biogeografia, ecologia e conservação. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (Eds.). **Ecologia E Conservação Da Caatinga**: 1. Ed. Recife PE: Ed. Universidade da UFPE. 2003. p. 75-134.

ANEXO 1. RELAÇÃO ENTRE TAMANHO DAS ABELHAS (DISTÂNCIA INTERTEGULAR) E FORÇA DAS VIBRAÇÕES TORÁCICAS

Com o intuito de saber se indivíduos maiores produzem vibrações mais “fortes” (frequência e amplitude mais alta), foi medido o tamanho corporal das abelhas de todos os tratamentos. Como parâmetro descrevendo o tamanho corporal, foi escolhida a distância intertegular (Figura 10), que é a distância mais curta de um lado ao outro do tórax, entre as tegulas. Essa medida é considerada padrão para medição do tamanho em abelhas sem ferrão (ARAUJO et al., 2004).

Para a medição, as abelhas conservadas em álcool 70% foram secas com papel toalha, e em seguidas depiladas na região tórax (principalmente próximo as tegulas para melhor precisão da medição) com ajuda de uma lâmina presa a um bisturi. Posteriormente as abelhas foram alfinetadas e deixadas na estufa (estufa de secagem rápida e esterilização SL-100) por um período de 48 horas. Após esse tempo, as abelhas foram levadas a um estereomicroscópio (Stemi 508, Carl Zeiss GmbH: Alemanha) e a distância intertegular foi medida através do programa ZEN 2.3 (blue edition, Carl Zeiss Microscopy GmbH) das imagens capturadas pela câmera digital interligada ao estereomicroscópio (Figura 3).



Figura 10 – Abelha forrageira de *Melipona subnitida* alfinetada e depilada na região do tórax para medição da distância intertegular. A linha em vermelho demonstra o tamanho da distância entre as tegulas.

Para avaliar se existe uma relação entre o tamanho corporal das abelhas e a força (amplitude e frequência dominante) das vibrações foi feita uma correlação linear simples de Pearson, correlacionando a distância intertegular de cada indivíduo com suas vibrações (valores médias de FP, AP, FV, AV das vibrações gravadas antes dos tratamentos). Por meio do coeficiente de relação (r) medimos a intensidade de associação existente entre as duas variáveis.

Os resultados demonstraram que o tamanho das abelhas (distância intertegular) mostrou uma correlação positiva significativa com a amplitude das vibrações torácicas associadas ao movimento das asas (Vibrações de voo: DI $\times$ AV: $r = 0,32$, $P = 0,038$). Porém, não houve correlação entre tamanho das abelhas e a amplitude das vibrações pulsadas (Vibrações pulsadas: DI $\times$ AV: $r = 0,12$, $P = 0,478$) e entre tamanho e a frequência das vibrações torácicas de voo ou das vibrações pulsadas (Vibrações de voo: DI $\times$ FV: $r = -0,08$, $P = 0,607$; Vibrações pulsadas: DI $\times$ FP: $r = -0,06$, $P = 0,729$) (Figura 10).

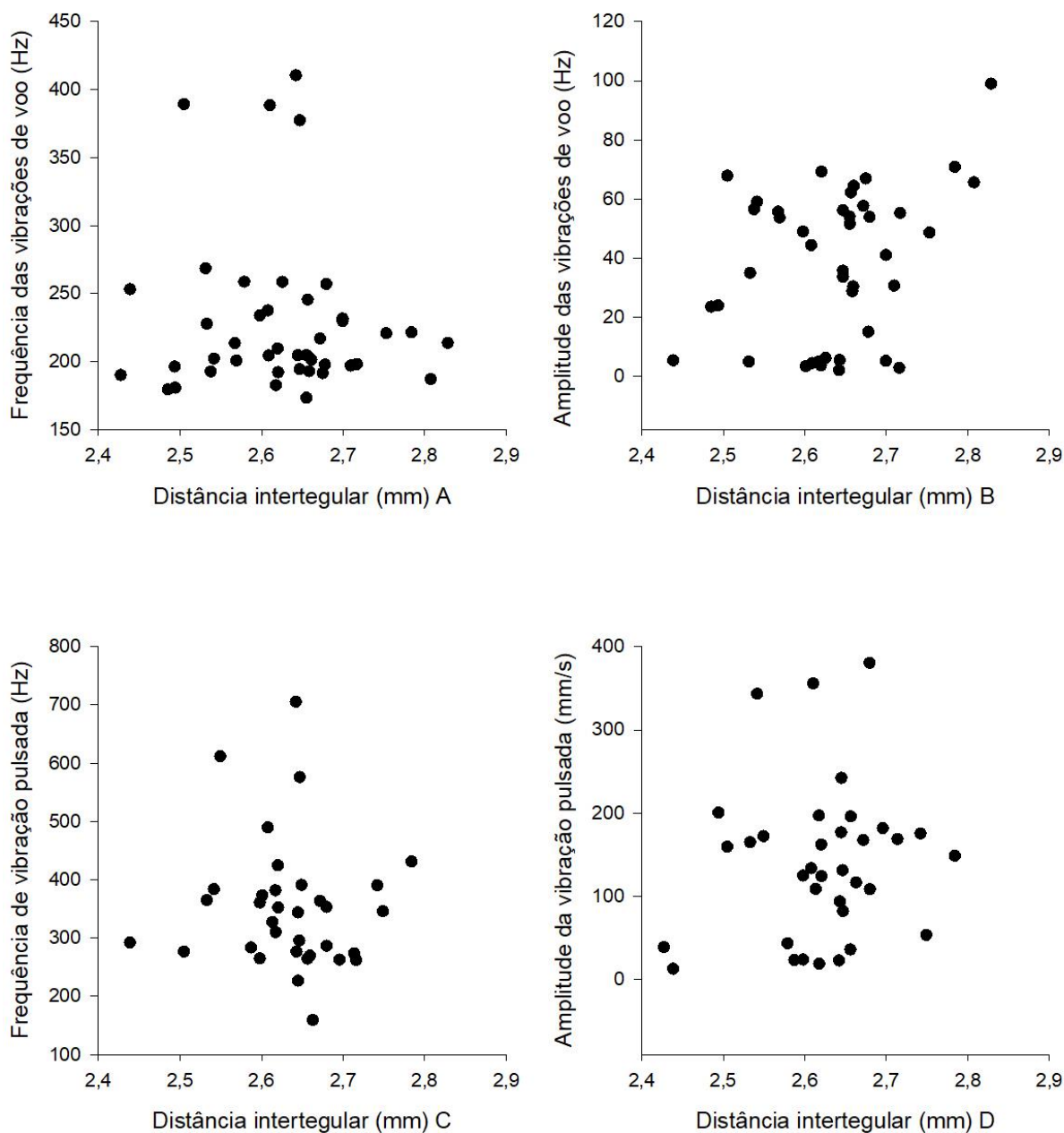


Figura 11 – Correlações entre o tamanho das forrageadoras de *M. subnitida* e a força das suas vibrações torácicas. Os gráficos mostram as correlações entre a distância intertegular das abelhas e suas vibrações torácicas produzidas durante o voo (A: frequência dominante, B: amplitude) e das vibrações pulsadas (C: frequência dominante, D: amplitude) antes dos respectivos tratamentos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARAUJO, E.D.; COSTA, M.; CHAUD-NETTO, J.; FOWLER, H.G. Body size and flight distance in stingless bees (Hymenoptera: Meliponini): Inference of flight range and possible ecological implications. **Brazilian Journal Biology**, Brazil, v.64, p. 563-568, April/august. 2004.