

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Laura Alvarenga Souto

Ocorrência de *Leucoptera coffeella* e detecção da presença de minas comparando amostragem convencional e amostragem por fotogrametria terrestre

Monte Carmelo – MG

2019

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA

Laura Alvarenga Souto

Ocorrência de *Leucoptera coffeella* e detecção da presença de minas comparando amostragem convencional e amostragem por fotogrametria terrestre

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Agronomia, Campus Monte Carmelo, da Universidade Federal de Uberlândia, como parte dos requisitos necessários para obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Orientadora: Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho

Monte Carmelo – MG

2019

Laura Alvarenga Souto

Ocorrência de *Leucoptera coffeella* e detecção da presença de minas comparando amostragem convencional e amostragem por fotogrametria terrestre

Trabalho de Conclusão apresentado ao curso de Agronomia da Universidade Federal de Uberlândia, Campus Monte Carmelo, como requisito necessário para a obtenção do grau de Engenheira Agrônoma.

Monte Carmelo, 08 de novembro de 2019.

Profa. Dra. Vanessa Andaló Mendes de Carvalho
(Orientadora)

Prof. Dr. Rodrigo Bezerra de Araújo Gallis

Prof. Dr. Jardel Boscardin

Monte Carmelo – MG

2019

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Folha do cafeeiro com minas ativas de <i>Leucoptera coffeella</i>	12
Figura 2. Cafeeiro, <i>Coffea arabica</i> cultivar Paraíso, onde foram realizadas as amostragens. 17	
Figura 3. Imagem processada pelo Ilastik®.	18
Figura 4. Folhas do cafeeiro com presença de minas de <i>Leucoptera coffeella</i> (4A) e a imagem quando processada através do software Ilastik® (4B).	19
Figura 5. Comparação entre as imagens de folhas do cafeeiro com a presença de minas de <i>Leucoptera coffeella</i> (5A) e a imagem processada pelo software Ilastik® com alguns erros de detecção (5B).	19
Figura 6. Médias de precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante o período de amostragem de <i>Leucoptera coffeella</i> . Monte Carmelo, MG, 2018/2019.	21
Figura 7. Presença de folhas minadas por <i>Leucoptera coffeella</i> amostradas por método convencional ao longo de sete meses, setembro de 2018 a março e 2019 (avaliações realizadas a cada 15 dias). Fazenda Araras, Monte Carmelo, MG.	22
Figura 8. Imagem do cafeeiro com baixa qualidade (8A) e processada no software Ilastik® (8B).	23

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Defensivos foliares para o controle do bicho-mineiro aplicados na lavoura durante os meses de agosto de 2018 a fevereiro de 2019. Fazenda Araras, Monte Carmelo, MG.	16
Tabela 2. Ocorrência de minas de <i>Leucoptera coffeella</i> em amostragem convencional e amostragem realizada por imagens durante sete meses de avaliação. Fazenda Araras, Monte Carmelo, MG.	20

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	7
2	JUSTIFICATIVA.....	8
3	OBJETIVO.....	9
3.1	Objetivo geral	9
3.2	Objetivos específicos	10
4	REVISÃO DE LITERATURA	10
4.1	Cultura do cafeeiro.....	10
4.2	Bicho-mineiro	11
4.3	Amostragem e nível de controle	13
4.4	Uso de imagens na detecção de pragas na agricultura.....	14
5	MATERIAL E MÉTODOS	15
5.1	Aspectos gerais	15
5.2	Amostragem convencional e amostragem via imagem	17
6	RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
7	CONCLUSÃO.....	23
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	24

RESUMO

Uma das dificuldades do uso da amostragem para estabelecimento dos índices populacionais do inseto no campo é a mão de obra empregada para realizar os levantamentos, que é onerosa e pouco especializada, o que dificulta o uso correto do manejo integrado de pragas. Com isso, a utilização de imagens que identifiquem corretamente a presença de minas nas folhas e que forneçam os índices populacionais do inseto no campo é uma ferramenta auxiliar no levantamento do inseto-praga, reduzindo o tempo de avaliação, o erro do avaliador e os gastos com mão de obra. Para a avaliação dos índices populacionais do bicho-mineiro, foram feitas amostragens convencionais e por fotogrametria terrestre em uma lavoura cafeeira localizada no município de Monte Carmelo, MG. A amostragem foi realizada em um hectare de cafeeiro *Coffea arabica* L. cultivar Paraíso. As avaliações foram realizadas durante sete meses a cada 15 dias. Os dados obtidos foram utilizados para obtenção da presença de minas ao longo das avaliações por meio de análise de regressão e para possibilitar a comparação e validação dos métodos os dados foram submetidos à análise de variância e teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade. A presença de minas de bicho-mineiro diminuiu com as avaliações em função da ocorrência de condições climáticas desfavoráveis para o inseto e pela aplicação de inseticidas químicos. A amostragem de *L. coffeella* utilizando fotogrametria terrestre foi considerada adequada para a detecção de minas utilizando o software Ilastik[®]. No entanto, a qualidade de algumas imagens utilizadas dificultou a diferenciação das minas.

Palavras-chave: bicho-mineiro, cafeeiro, imagem, manejo integrado de pragas, monitoramento.

1 INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro é de grande importância econômica para o Brasil, no qual representa o maior produtor e maior exportador mundial de café. Isso ocorre, pois o Brasil abrange uma grande extensão territorial com a presença de clima favorável para a produção de grãos com elevada qualidade. Esta cultura também apresenta elevada importância social, devido à quantidade de empregos proporcionados para a população brasileira.

A região do Cerrado Mineiro compreende altitudes que são consideradas adequadas para uma boa produção cafeeira. O clima tropical de altitude contribui para produção de grãos de elevada qualidade, já que na época de maturação dos frutos, o ambiente se torna quente e com baixa umidade relativa, favorecendo um longo processo de maturação, o que propicia um maior período de retenção de fotoassimilados, resultando em grãos com alto teor de aroma e sabor. Além disso, os investimentos em pacotes tecnológicos aumentam a cada ano, favorecendo também o aumento da produtividade cafeeira no Brasil.

O bicho-mineiro, *Leucoptera coffeella* (Guérin-Mèneville) (Lepidoptera: Lyonetiidae) é uma das principais pragas do cafeeiro no país, devido à sua ocorrência difundida nos cafezais, principalmente na região do Cerrado Mineiro devido ao inverno com baixa umidade relativa do ar e elevada temperatura, condições que favorecem a presença da praga, causando elevados prejuízos nas lavouras.

As lagartas do bicho-mineiro causam danos indiretos na produção de grãos, já que atacam a parte vegetativa do cafeeiro. Logo que eclodem, penetram na epiderme das folhas e se alimentam do tecido paliçádico formando minas de coloração amarronzada que aumentam de tamanho à medida que as lagartas vão se alimentando. Com o tempo, essas minas tornam-se necrosadas e esses sintomas refletem na produção de grãos, visto que ocorre diminuição da área fotossinteticamente ativa das folhas e, se houver elevada infestação da praga na lavoura, pode resultar em desfolha dos cafeeiros.

Como controle, o principal método utilizado é o químico, porém há o controle biológico através de agentes naturais, como as vespas predadoras que rasgam as minas e predam as lagartas e os parasitoides (microhimenópteros) que parasitam as lagartas de *L. coffeella*. O uso de ambos os métodos de controle é mais eficaz, diminuindo a infestação da praga obtendo um nível de equilíbrio na lavoura.

O ataque e a intensidade de infestação de *L. coffeella* está relacionado com fatores climáticos, principalmente aqueles que são caracterizados por elevadas temperaturas e baixa

umidade relativa, além de atributos como altitude do local (quanto mais alto, mais seco é o clima, favorecendo ao ataque), espaçamento das lavouras (quanto maior o espaçamento, mais o microclima será arejado, favorecendo ao ataque) e existência de inimigos naturais. O uso excessivo de inseticidas também pode influenciar na população da praga, já que alguns apresentam um amplo espectro, atacando não só o bicho-mineiro, mas também seus inimigos naturais.

Para o monitoramento do ataque da praga, é necessário obter um nível de controle no qual seria recomendado o início dos tratamentos contra as infestações do inseto. Este nível de controle deve ser realizado antes do nível de dano, que é caracterizado por uma população da praga que causam prejuízos significativos, ou seja, equivalentes ao lucro da lavoura. Cada região deve possuir um nível de controle distinto, já que cada local possui características ambientais diferentes influenciando na população de *L. coffeella*.

A obtenção dos níveis de controle é feita através de amostragens, certificando o índice populacional de *L. coffeella* na lavoura. A amostragem convencional de bicho-mineiro é feita através de estratégias padrões para todas as lavouras cafeeiras, mas que podem gerar resultados distintos para cada local e região, visto que pode ser influenciado pela presença do inseto na lavoura e no dossel da planta, além do microclima da área amostrada.

Uma das dificuldades do uso da amostragem para estabelecimento dos índices populacionais do inseto no campo é a mão de obra empregada para realizar os levantamentos, que é onerosa e pouco especializada, o que dificulta o uso correto do manejo integrado de pragas. Com isso, a utilização de imagens que identifiquem corretamente a presença de minas nas folhas e que forneçam os índices populacionais do inseto no campo é uma ferramenta auxiliar no levantamento do inseto-praga, reduzindo o tempo de avaliação, o erro do avaliador e os gastos com mão de obra.

2 JUSTIFICATIVA

O bicho-mineiro é uma das pragas mais importantes na cultura do café no Brasil, podendo causar prejuízos na produção devido as lesões geradas no parênquima paliçádico das folhas que afetam a capacidade fotossintética da planta (RAMIRO et al., 2004). As perdas resultantes pelo ataque dessa praga podem atingir entre 30 a 80% na produtividade do

cafeeiro e ocorrer até 75% de desfolha dependendo da severidade e da época do ataque (FREIRIA, 2017).

Na região do Cerrado Mineiro (Alto Paranaíba, Triângulo Mineiro e noroeste de Minas Gerais), o clima quente diminui o ciclo do bicho-mineiro, aumentando o número de gerações em um curto espaço de tempo, resultando em uma elevada população da praga. Logo, deve-se controlar o seu primeiro ciclo com eficácia nesta região para impedir a ocorrência de outros ciclos e um aumento da praga (SOUZA, 2017).

As complicações com o bicho-mineiro intensificaram-se a partir do ano de 1970, devido à forma de plantio mais espaçada e a incorporação de práticas culturais novas, como o controle da ferrugem, por exemplo. A pulverização com fungicidas cúpricos e também o uso de cobertura morta foram correlacionadas com o aumento da população da praga, devido à mudança do microclima e, conseqüentemente, influenciando a taxa de reprodução do bicho-mineiro (OLIVEIRA et al., 2001).

No Cerrado, a incidência da praga é favorecida pelos períodos de estiagem, ocorrendo uma maior infestação nos meses de junho a outubro, época em que se deve focar no controle de *L. coffeella* (OLIVEIRA et al., 1992). O nível de controle do bicho-mineiro, de acordo com Reis e Souza (1996), é de 20 a 30% de folhas minadas, mas adota-se níveis mais flexíveis em regiões com temperaturas mais amenas e níveis mais rígidos em regiões com temperaturas mais altas. A obtenção de um método que indique o nível populacional do inseto no campo, assim como a sua distribuição, irá influenciar diretamente na tomada de decisão no controle da praga. A obtenção de imagens que identifiquem as minas nas folhas permitirá a redução no tempo de amostragem, menor erro do avaliador, menor gasto com mão de obra, aplicações de inseticidas direcionadas as reboleiras de ocorrência do bicho-mineiro, reduzindo custos com aplicações.

3 OBJETIVO

3.1 Objetivo geral

Verificar a flutuação populacional de bicho-mineiro por amostragem convencional e comparar esse método de amostragem com a utilização de imagens obtidas por fotogrametria terrestre.

3.2 Objetivos específicos

- Realizar a amostragem convencional de *L. coffeella* nos cafeeiros;
- Fazer fotografias dos mesmos cafeeiros submetidos à amostragem convencional e, posteriormente, processá-las no software Ilastik® para obtenção dos resultados da presença de minas;
- Avaliar se pelo método de amostragem por imagem houve resultados satisfatórios com relação à amostragem convencional;
- Recomendar melhorias que podem ser realizadas na metodologia.

4 REVISÃO DE LITERATURA

4.1 Cultura do cafeeiro

O cafeeiro pertence ao gênero *Coffea*, família Rubiaceae, no qual as espécies *Coffea arabica* L. e *Coffea canephora* Pierre ex Froehner são as de maior importância econômica (SANTOS, 2018) dentre as 124 espécies descritas neste gênero (MISTRO, 2012).

É uma planta de clima tropical, perene, arbustiva com altura variável e uma copa cilíndrica. Em relação ao caule, a espécie *C. arabica* possui apenas um caule cilíndrico enquanto a espécie *C. canephora* é formada por um multicaule. Seu fruto é uma drupa elipsoide contendo duas sementes (FAVARIN, 2011). Tem origem africana, descoberto primeiramente na região da Etiópia, onde ocorre espontaneamente como planta de sub-bosque, e depois foi disperso para o oriente, Europa e por fim para as possessões ibéricas nas Américas, chegando aos Estados Unidos (MARTINS, 2008).

É a segunda maior *commodity* e a segunda bebida mais consumida no mundo, sendo cultivada em mais de 80 países e movimentando cerca de 85 bilhões de dólares, sendo que no Brasil movimenta anualmente cerca de 19 bilhões de dólares (MISTRO, 2012). O Brasil é o maior produtor e exportador de café e o segundo maior consumidor da bebida após os EUA (SANTOS, 2018). Segundo Mistro (2012), os principais estados brasileiros produtores de café são Minas Gerais, Espírito Santo, São Paulo, Bahia e Paraná.

Houve uma alteração nas áreas cultivadas com café no Brasil devido ao aumento de produtividade obtido graças ao emprego de novas tecnologias. Em alguns estados a área de plantio decresceu, enquanto que em outros houve um acréscimo fazendo a produção se concentrar ainda mais no país. Na safra de 2019 houve redução de produção em 1,1%, principalmente pela bienalidade negativa, mas houve aumento na área em formação em 8,7% comparado à safra passada. A estimativa em produção cafeeira foi de 26,4 milhões de sacas beneficiadas no estado de Minas Gerais e a área em produção foi de 986,8 mil hectares com um parque cafeeiro formado por aproximadamente 4.222.596,7 plantas. Ao longo do tempo, é comum ter uma diminuição nas áreas de produção tanto pequenas quanto grandes, devido ao aumento gradativo de produtividade nas lavouras (CONAB, 2019).

As variedades de café arábica apresentam um maior preço de mercado e produzem café de aroma e sabor mais contemplado (SANTOS, 2018), possuindo cerca de 60% a mais de lipídeos e quase o dobro da concentração de açúcar do que o robusta (DUPIER, 2017). Essa espécie é responsável por três quartos da produção mundial e os maiores produtores são América do Sul e Central, sendo liderado pelo Brasil. Devem ser cultivados em altitudes mais elevadas em torno de 450 a 800 metros, com clima mais ameno, de 18 a 22°C (SANTOS, 2018) e é uma espécie que requer mais tratamentos culturais (DUPIER, 2017).

Já as variedades de café robusta produzem um café de menor qualidade quando comparado as variedades de arábica. Possuem um preço menor e são de grande importância para as indústrias de café solúvel (SANTOS, 2018). O país líder em produção de café robusta é o Vietnã. Esse café possui quase o dobro de cafeína em relação ao arábica e é uma espécie fácil de ser cultivada, sendo adaptada a locais de baixa altitude e temperaturas elevadas, ou seja, dispõe de elevada rusticidade (DUPIER, 2017).

4.2 Bicho-mineiro

O bicho-mineiro é uma das principais pragas do cafeeiro, é monófaga, ou seja, ataca somente essa cultura, e é originária do continente africano, logo é considerada uma praga exótica no Brasil, sendo verificada sua ocorrência a partir de 1851 em mudas de cafeeiro oriundas das Antilhas e da Ilha de Bourbon (REIS et al., 1976).

O ciclo de vida do bicho-mineiro constitui as fases de ovo, larva, pupa e adulto. Os ovos são achatados, de coloração branca, com comprimento de 0,3 mm e são ovipositados na

parte abaxial das folhas, em média sete ovos por noite, em posições separadas na mesma folha ou em folhas distintas. Em seguida, a lagarta eclode atingindo em torno de 3,5 mm de comprimento, possui coloração branca e constrói minas foliares vivendo dentro das mesmas. Após deixar de se alimentar, a lagarta sai da lesão e transforma-se em pupa dentro de fios de seda tecidos em formato de “X” nas folhas do terço inferior do cafeeiro, geralmente na parte abaxial. Por final, depois de sair do estágio de pupa, emergem mariposas de asas brancas na parte dorsal e uma mancha escura na ponta atingindo cerca de 6,5 mm de envergadura e 2 mm de comprimento. Ao longo do dia as mariposas permanecem na face abaxial das folhas da parte inferior do cafeeiro e durante a noite dão início à oviposição, podendo ovipositar mais de 50 ovos durante a vida (SOUZA et al., 1998).

O ataque dessa praga pode ocasionar queda na produção devido à redução na área foliar (Figura 1) e queda de folhas, o que diminui a capacidade fotossintética da planta (SOUZA et al., 1998), já que a epiderme e os tecidos da folha no local atacado ficam necrosados. Ataques severos podem resultar na desfolha da planta de cima para baixo já que a maior infestação ocorre na parte superior da planta, tornando as plantas enfraquecidas e comprometendo sua longevidade (SOUZA et al., 1998).



Figura 1. Folha do cafeeiro com minas ativas de *Leucoptera coffeella*.

Segundo Oliveira et al. (2001) a intensidade de infestação do bicho-mineiro varia de ano para ano entre as regiões cafeeiras. O ataque desse inseto pode ocorrer ao longo de todo o ano, mas as condições favoráveis para a sua ocorrência são alta temperatura, baixa umidade relativa do ar e a distribuição irregular de chuvas com longos períodos secos (SOUZA et al., 1998). Logo, lavouras com espaçamentos maiores entre plantas favorecem a infestação do bicho-mineiro, pois as plantas de café ficam mais separadas auxiliando em uma maior circulação do ar, evitando o acúmulo de umidade.

Para o seu controle, podem ser usados diferentes métodos, entre eles o biológico e o químico. No controle biológico, são utilizados os parasitoides (microhimenópteros) e as vespas predadoras para predação das lagartas nas lesões das folhas, com cerca de 18% e 69% de eficiência, respectivamente (REIS; SOUZA., 1986). Já no controle químico, segundo Souza et al. (2006), o controle padrão preventivo feito no período chuvoso, com inseticidas sistêmicos granulados não tem apresentado eficácia provavelmente devido à distribuição irregular das chuvas no verão e à área de aplicação na projeção da copa atingindo quantidades insuficientes nas folhas para a proteção por um período maior.

4.3 Amostragem e nível de controle

A amostragem de insetos é uma importante ferramenta para manter um monitoramento da população da praga no campo e auxiliar na tomada de decisão para o controle, conseqüentemente, torna-se uma condição essencial para a possível recomendação ou não da aplicação de produtos químicos (SANTOS; GARCIA; ALVES, 1995) ou outros tipos de controle. Fazer um projeto de amostragem em uma área permite determinar o nível de dano econômico, o nível de controle, o nível de equilíbrio e a escolha de uma melhor técnica amostral e, portanto, gerar um sistema de tomada de decisão de acordo com o manejo integrado de pragas (MIP) (SEMEÃO et al., 2005; FARIAS, 1996).

O nível de controle é caracterizado pela menor densidade populacional da praga apta a causar perdas significativas e, para evitar prejuízos, medidas de controle devem ser adotadas. O nível de equilíbrio equivale à densidade populacional média, durante um período de tempo longo sem ocorrer mudanças permanentes. Por fim, o nível de dano econômico corresponde à densidade populacional que gera prejuízos equivalentes ao custo de controle (BOARETTO; BRANDÃO, 2000). É realizado um levantamento do índice de infestação

periodicamente, pelo menos uma vez por mês, nas épocas cujo ataque da praga é intensificado de acordo com cada região (SANTOS; GARCIA; ALVES, 1995).

Depois de determinada a densidade populacional de *L. coffeella* através da amostragem, compara-se com o nível de controle para poder obter o resultado de como manejar a praga (FOWLER; LYNCH, 1987). Se a densidade populacional for maior que o nível de controle, deve ser tomada uma decisão de manejo. Enquanto que, se essa densidade for menor que o nível de controle, não é necessário entrar com medidas de controle.

Segundo Martins et al. (2004) a variação populacional do bicho-mineiro é feita realizando o caminhamento em ziguezague e, em cada planta escolhida aleatoriamente, observa-se os três terços (superior, mediano e inferior) e coleta-se em cada um dos terços folhas do 3° ou 4° par em cada lado da planta (pontos cardeais). Para *L. coffeella*, de acordo com Pierre (2011), o nível de controle é de 20 a 30% de folhas minadas dependendo da temperatura do local.

4.4 Uso de imagens na detecção de pragas na agricultura

Considerando-se o aumento da população mundial, a produção agrícola terá que aumentar em 60% sua produtividade até 2050 devido à diminuição da área agricultável por habitante. A busca por aperfeiçoar a tecnologia através de sistemas inteligentes, a melhoria de processos e o manejo adequado da cultura são ferramentas utilizadas para aumentar a produtividade das lavouras (FAO, 2015; ARTIOLI; BELONI, 2016).

A utilização de ARP (Aeronave Remotamente Pilotada) permite uma precisão na amostragem de lavouras e faz a detecção e monitoramento de grandes áreas quase em tempo real através de imagens geradas pela ARP, que podem fazer a identificação de pragas, direcionando os pontos para aplicação de inseticidas ou auxiliando com informações para aplicação de diferentes métodos no manejo do inseto, conseqüentemente, trazendo um aumento de produtividade (ARTIOLI; BELONI, 2016).

É possível a aquisição de informações chave sobre o estado da planta a partir de dados de sensoriamento remoto que estudam as variações espectrais da vegetação. Por meio de imagens é possível obter índices de vegetação que informam a atividade da vegetação, índice de área foliar, porcentagem de cobertura verde, teor de clorofila, biomassa verde e radiação fotossinteticamente ativa absorvida (GOMES, 2017). Com estas características

geradas nas imagens fotografadas e com o auxílio de softwares especializados, é possível determinar avaliações visuais do progresso do cultivo, mapeando falhas no plantio ou adubação, identificando reboleiras, infestações de pragas ou doenças e outros atributos presentes na lavoura (MESQUITA, 2014).

Na cultura da soja foi utilizado ARP, aeronave remotamente pilotada, equipado com mecanismos de captura de imagens para o monitoramento/rastreamento das áreas de plantio indicando possíveis indícios de doenças. O processo inicia-se através de varreduras tirando fotos da plantação através da ARP e é feito o armazenamento para posterior análise. As fotos armazenadas compõem um banco de dados de imagens que são processadas com o uso de softwares específicos para indicar a possível existência de determinadas pragas ou doenças através de reconhecimento de padrões em imagens das plantas (JESUS; SILVA; ROCHA, 2015).

Atualmente são muito utilizadas fotogrametrias aéreas através de ARP's em lavouras, porém o uso de fotogrametria terrestre pode ser mais vantajoso principalmente quando são utilizados determinados softwares que fazem o processamento de imagens terrestres mais satisfatoriamente. O termo fotogrametria engloba duas áreas diferentes: a fotogrametria métrica que possui uma definição mais restrita, no qual aborda métodos de obtenção de dados quantitativos, como as coordenadas, que são utilizadas para a composição de mapas e cartas topográficas e a fotointerpretação que baseia-se em obter dados qualitativos com base na avaliação das fotografias. A expressão fotogrametria terrestre consiste em fotografias que são tomadas de um ponto fixo no terreno (TOMMASELLI, 2009).

5 MATERIAL E MÉTODOS

5.1 Aspectos gerais

Para a avaliação dos índices populacionais do bicho-mineiro foram feitas amostragens na Fazenda Araras localizada na região do Cerrado Mineiro, coordenadas geográficas 18°43'20.0" S e 47°32'33.4" W. O experimento foi realizado em lavoura de *C. arabica* cultivar Paraíso, com espaçamento de plantio de 3,80 x 0,60 metros, com 2 anos e 11 meses de idade. A lavoura é irrigada por gotejamento, com gotejadores espaçados em 0,60 m com

vazão de 1,6 L h⁻¹. O solo predominante da região classificado como LATOSSOLO VERMELHO distrófico. O clima da região é caracterizado como Aw, segundo a classificação de Köppen, e é marcado por duas estações bem definidas, uma chuvosa e outra seca (ROSA et al., 1991). Os dados climáticos foram obtidos pela estação climática da Cooxupé, localizada em Monte Carmelo.

Foi feita a amostragem da ocorrência de bicho-mineiro em área de 1 ha, considerando-se 10 linhas com 100 metros de comprimento cada. As avaliações foram realizadas por meio de amostragem convencional e por imagem, a fim de possibilitar a comparação e validação dos métodos.

Por se tratar de lavoura comercial o manejo da lavoura foi realizado de acordo com procedimentos padrões do proprietário da fazenda, incluindo os tratamentos fitossanitários. Para controle de pragas e doenças foram aplicados inseticidas e fungicidas químicos listados na Tabela 1.

Tabela 1. Defensivos foliares para o controle do bicho-mineiro aplicados na lavoura durante os meses de agosto de 2018 a fevereiro de 2019. Fazenda Araras, Monte Carmelo, MG.

Agosto/2018	
Defensivos Foliares	Kg/L ha⁻¹
Tiametoxam	0,800
Fenpropratrina	0,400
Tiametoxam	1,000
Tiametoxam + Ciproconazol	1,000
Fenpropratrina	0,375
Novembro/2018	
Clorantraniliprole + Abamectina	1,000
Abamectina	0,250
Janeiro/2019	
Tiametoxam	1,000
Fevereiro/2019	
Abamectina	0,500

5.2 Amostragem convencional e amostragem via imagem

A incidência de bicho-mineiro foi avaliada quinzenalmente, totalizando 14 avaliações. Para cada amostragem foram avaliadas 30 plantas ao acaso por ha observando-se a presença ou ausência de minas intactas nas folhas, amostrando-se ao acaso o 3º ou 4º par de folhas verdadeiras do ramo plagiotrópico localizado no terço médio e superior das plantas em dois lados da planta, sentido norte (N) e sul (S), totalizando 8 folhas por planta.



Figura 2. Cafeeiro, *Coffea arabica* cultivar Paraíso, onde foram realizadas as amostragens.

Para a obtenção dos dados por imagem a amostragem foi feita utilizando fotogrametria terrestre com câmera Canon T1i com lente 55-135 mm das avaliações 1 a 7 e câmera de iPhone nas demais para obtenção das imagens das folhas (Figura 2). As imagens obtidas foram processadas no software Ilastik® a fim de diferenciar folhas com ou sem a presença de minas intactas. Foram selecionadas para análise no software 10 imagens por avaliação que possuísem maior qualidade, totalizando 140 imagens, que foram então processadas no software Ilastik®. Em cada imagem, foi recortado um ramo ao acaso do terço médio e nele foi observado a presença ou ausência de minas do bicho-mineiro (Figura 3).



Figura 3. Imagem processada pelo Ilastik®.

Para a comparação entre os dois métodos de amostragem, os mesmos cafeeiros nos quais as imagens foram utilizadas para o processamento, foram também selecionados para verificar a incidência de minas pelo método convencional. Assim, comparou-se a presença de minas nas imagens com os resultados da amostragem convencional. Foi estabelecida a porcentagem de minas para cada método em cada avaliação e os dados obtidos foram submetidos à análise de variância e teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade para comparação entre médias. Além disso, obteve-se a distribuição da presença de minas ativas do bicho-mineiro pelo método convencional ao longo das avaliações a fim de verificar a influência de fatores climáticos e o uso de inseticidas no controle da praga, já que a área estudada é uma lavoura comercial sujeita a diferentes tratamentos para controle de pragas e doenças. Os dados obtidos foram submetidos à análise de regressão.

6 RESULTADOS E DISCUSSÃO

As imagens obtidas foram consideradas adequadas para a detecção das minas do bicho-mineiro, através do software utilizado. Este software faz a separação nas imagens da parte com coloração verde na planta do que emite outras faixas espectrais, como as que a mina libera. Todos os atributos normais e saudáveis do cafeeiro, no software, eram reconhecidos através da coloração verde, enquanto que, o que não era normal foi reconhecido através da coloração vermelha (Figura 4A e 4B).

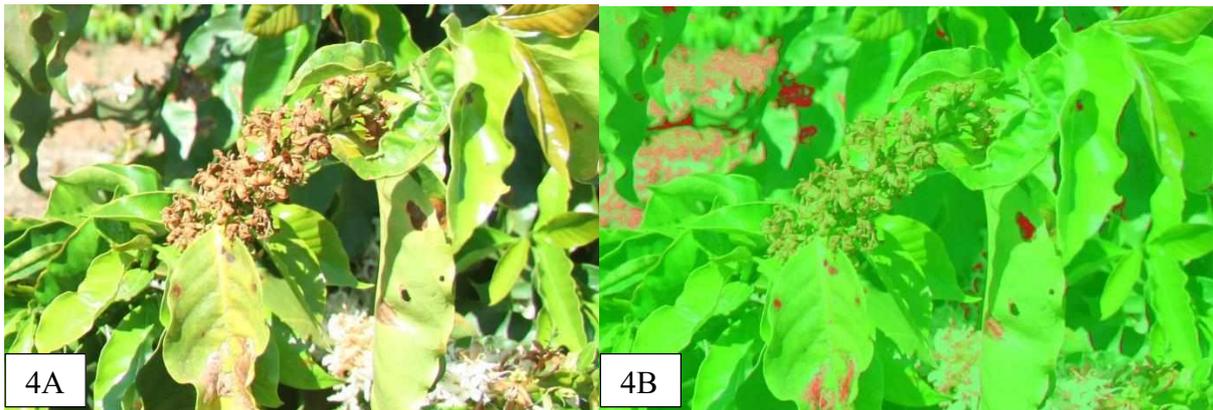


Figura 4. Folhas do cafeeiro com presença de minas de *Leucoptera coffeella* (4A) e a imagem quando processada através do software Ilastik® (4B).

As minas do bicho-mineiro possuem uma coloração marrom e, em determinados momentos, algumas particularidades da planta, como folhas amareladas, flores secas ou outras doenças que correspondem a faixa espectral das minas, foram confundidas com os sintomas da praga (Figura 5A e 5B). Portanto, o resultado da amostragem através de fotogrametria terrestre utilizando o software superestimou a presença de minas para algumas imagens.



Figura 5. Comparação entre as imagens de folhas do cafeeiro com a presença de minas de *Leucoptera coffeella* (5A) e a imagem processada pelo software Ilastik® com alguns erros de detecção (5B).

De acordo com os dados obtidos nas amostragens feitas convencionalmente, as avaliações de número 1 a 7 foram as que obtiveram maior porcentagem de cafeeiros com a presença de minas quando comparadas com as demais, enquanto a avaliação de número 14 foi

a que apresentou a menor porcentagem de cafeeiros com presença de minas intactas do bicho-mineiro (Tabela 2). Já nas amostragens realizadas através de imagens, as avaliações de número 1, 4, 5 e 6 foram as que evidenciaram maiores porcentagens de imagens com a presença de minas, enquanto que a avaliação de número 14 foi a que obteve menores porcentagens (Tabela 2).

Tabela 2. Ocorrência de minas de *Leucoptera coffeella* em amostragem convencional e amostragem realizada por imagens durante sete meses de avaliação. Fazenda Araras, Monte Carmelo, MG.

Avaliação	Amostragem convencional	Amostragem por imagem
1 - Setembro	100,0 ± 0,0 a A	100,0 ± 0,0 a A
2 - Setembro	100,0 ± 0,0 a A	90,0 ± 6,6 b B
3 - Outubro	100,0 ± 0,0 a A	60,0 ± 6,66 e B
4 - Outubro	100,0 ± 0,0 a A	100,0 ± 0,0 a A
5 - Novembro	100,0 ± 0,0 a A	100,0 ± 0,0 a A
6 - Novembro	100,0 ± 0,0 a A	100,0 ± 0,0 a A
7 - Dezembro	100,0 ± 0,0 a A	80,0 ± 8,16 c B
8 - Dezembro	80,0 ± 8,16 c A	80,0 ± 6,66 c A
9 - Janeiro	90,0 ± 4,71 b A	70,0 ± 6,66 d B
10 - Janeiro	30,0 ± 6,66 f B	90,0 ± 6,66 b A
11 - Fevereiro	60,0 ± 6,66 d B	90,0 ± 4,71 b A
12 - Fevereiro	40,0 ± 6,66 e B	60,0 ± 9,42 e A
13 - Março	30,0 ± 4,76 f B	40,0 ± 6,66 f A
14 - Março	10,0 ± 0,0 g B	30,0 ± 4,71 g A
CV (%)	5,62	7,42

Letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas nas linhas não diferem entre si pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade.

A variação entre as avaliações pode ter ocorrido em função das variações climáticas durante o período de avaliação, já que estas se iniciaram no mês de setembro no qual, de acordo com a Figura 6, possuiu menores médias de umidade relativa e de precipitação, além de temperatura média de 23,9°C, que são condições favoráveis para a ocorrência do bicho-mineiro. Assim, a ocorrência da praga foi maior nos primeiros meses e a partir de outubro, a média de precipitação aumenta e, conseqüentemente a umidade relativa, resultando em um microclima desfavorável para a ocorrência da praga. Deve-se considerar que em função do ciclo de vida do bico-mineiro em média de 19 a 87 dias dependendo das condições climáticas (COSTA, 2012) a diferença na presença de minas será observada nas avaliações seguintes.

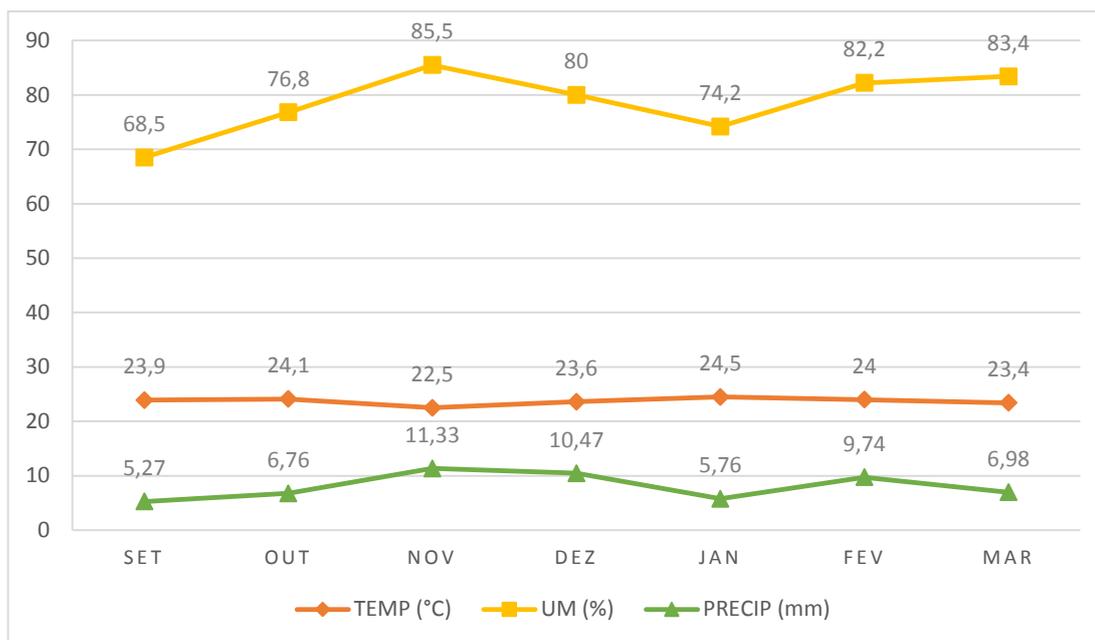


Figura 6. Médias de precipitação (mm), temperatura (°C) e umidade relativa (%) durante o período de amostragem de *Leucoptera coffeella*. Monte Carmelo, MG, 2018/2019.

Quando os dados obtidos entre as amostragens convencionais e as amostragens realizadas por imagem foram comparados obteve-se que nas avaliações 1, 4, 5, 6 e 8 não houve diferença entre os resultados encontrados, ou seja, ambos os tipos de amostragens utilizados resultaram em uma porcentagem igual de minas detectadas. No entanto, nas demais avaliações (2, 3, 7, 9, 10, 11, 12, 13 e 14) houve diferença na porcentagem de presença de minas (Tabela 2).

A diferença entre os tipos e amostragem ocorreu em maior quantidade nas últimas avaliações (Tabela 2), no qual a maior parte das minas estava inativa (velhas ou predadas) e o software pode não ter sido capaz de diferenciar minas intactas de mortas, devido à qualidade das imagens utilizadas e, por isso, os valores de minas encontrados nas amostragens convencionais foram menores. Além disso, o software também pode ter confundido as minas do bicho-mineiro com algumas doenças ou com manchas de escaldadura que eram bastante presentes na lavoura e que correspondem com a faixa espectral dos sintomas da praga.

Considerando-se como a presença de minas variou ao longo do trabalho por meio dos dados obtidos na amostragem convencional, verificou-se a redução da presença de minas de *L. coffeella* ao longo do tempo (Figura 7). Essa distribuição do inseto na área pode ter ocorrido em função das condições climáticas, o ambiente se tornou mais úmido pelo aumento da precipitação, e com isso tornou-se desfavorável para a presença da praga. Além disso, ao longo do trabalho na lavoura, durante os meses de agosto de 2018 e fevereiro de 2019, houve

aplicações de defensivos agrícolas para o controle do bicho-mineiro (Tabela 1) e, com isso, auxiliou em um maior decréscimo da praga na área.

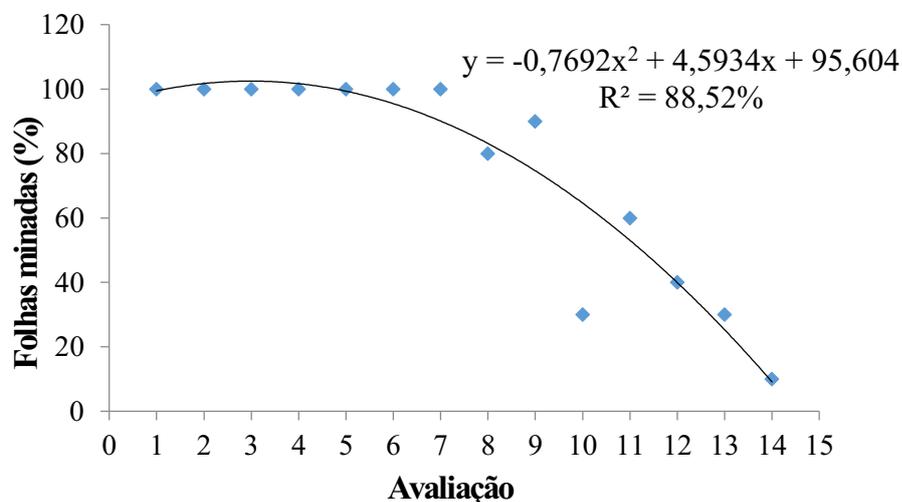


Figura 7. Presença de folhas minadas por *Leucoptera coffeella* amostradas por método convencional ao longo de sete meses, setembro de 2018 a março e 2019 (avaliações realizadas a cada 15 dias). Fazenda Araras, Monte Carmelo, MG.

Algumas imagens obtidas apresentavam-se em desfoque e com baixa qualidade devido à baixa resolução (Figura 8A e 8B), tornando mais difícil a identificação das minas de *L. coffeella* durante o processamento no software Ilastik®. Um dos motivos para a baixa resolução das imagens utilizadas foram a utilização de câmera iPhone, no qual as imagens tornavam-se pequenas, em tamanho inadequado para a detecção das minas, além da dificuldade do uso da câmera Canon T1i, por ser uma câmera profissional. Porém de acordo com Vasconcelos (2019), a identificação de bicho-mineiro em plantações de cafeeiro usando imagens aéreas e *deep learning*, também foi considerada difícil devido à precisão insuficiente das imagens, já que os focos de ocorrência do inseto são pequenos e, conseqüentemente, de difícil visualização dependendo da qualidade da imagem utilizada.

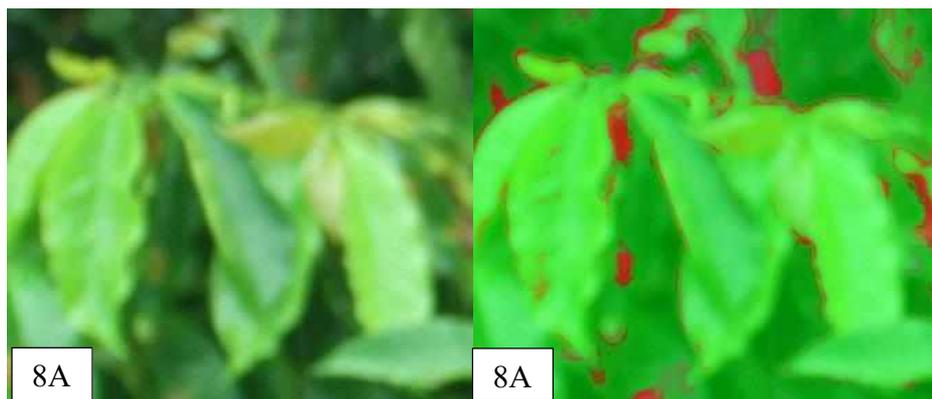


Figura 8. Imagem do cafeeiro com baixa qualidade (8A) e processada no software Ilastik® (8B).

7 CONCLUSÃO

A presença de minas de bicho-mineiro diminui com as avaliações em função da ocorrência de condições climáticas desfavoráveis para o inseto e pela aplicação de inseticidas químicos.

A amostragem de *L. coffeella* utilizando fotogrametria terrestre foi considerada adequada para a detecção de minas utilizando o software Ilastik®. No entanto, a qualidade de algumas imagens utilizadas dificultou a diferenciação das minas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ARTIOLI, F.; BELONI, T. Diagnóstico do perfil do usuário de drones no Agronegócio Brasileiro. **Revista iPecege**, v. 2, n. 3, p. 40–56, 2016.

BOARETTO, M. A. C.; BRANDÃO, A. L. S. **Manejo integrado de pragas**. Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia - Departamento de Fitotecnia e Zootecnia, 2000.

CONAB: COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Acompanhamento da safra brasileira: café. **Monitoramento agrícola- Safra 2019**, v. 5, n. 2, p. 1-65, 2019.

COSTA, J. N. M.; TEIXEIRA, C. A. D.; JÚNIOR, J. R. V.; ROCHA, R. B.; FERNANDES, C. de F. Informações para facilitar a identificação das diferentes fases do bicho-mineiro (*Leucoptera coffeella*) em campo. **Comunicado Técnico**, Embrapa Rondônia, p. 4, 2012.

DUPIER. Diferença entre café Arábica e Robusta. **Dupier**, 2017. Disponível em: <<https://www.dupier.com.br/diferenca-entre-cafe-arabica-e-robusta/>>. Acesso em: 27 mar. 2018.

FARIAS, P. R. S. **Distribuição espacial e amostragem sequencial de *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith, 1797) na cultura do milho**. Jaboticabal, UNESP, 1996. (Dissertação de Mestrado em Experimentação Agrônômica).

FAVARIN, J. L. **Botânica, morfologia e zoneamento agrícola do cafeeiro**. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz USP, 2011. Disponível em: <<https://www.yumpu.com/en/document/view/53179597/botanica-morfologia-e-zoneamento-agricola-do-cafeeiro>>. Acesso em: 12 abr. 2018.

FOWLER, G. W.; LYNCH, A. M. Sampling plans in insect pest management based on Wald's Sequential Probability Ratio Test. **Environmental Entomology**, v. 16, n. 2, p. 345-354, 1987.

FREIRIA, W. C. Bicho mineiro: Controle agora e tenha uma safra tranquila. **Revista COCAPEC**, 2017. Disponível em: <<https://cocapec.com.br/noticias/revista-cocapec-bicho-mineiro-controle-agora-e-tenha-uma-safra-tranquila/>>. Acesso em 14 abr. 2018.

GOMES, D. F. Identificação e mapeamento de pragas e doenças de plantas para extensas porções da terra. **Pix Force**, 20 out. 2017. Disponível em: <<https://pixforce.com.br/identificacao-e-mapeamento-de-pragas-e-doencas-plantas-para-extensas-porcoes-da-terra/>>. Acesso em: 12 jun. 2018.

JESUS, L. F. DE; SILVA, V. B. da; ROCHA, F. da G. Uso de software para detecção de doenças na cultura da soja com o auxílio de um drone autônomo. **Anais do Computer on the Beach**, 2015. Disponível em: <<http://siaiap32.univali.br/seer/index.php/acotb/article/view/7127/4046>>. Acesso em: 28 jun. 2018.

MARTINS, A. L. **História do café**. São Paulo: Contexto, 2008.

MARTINS, M.; MENDES, A. N. G.; ALVARENGA, M. I. N. Café orgânico de agricultores familiares em poço fundo - MG. **Ciência e Agrotecnologia**, p. 1306–1313, 2004.

MESQUITA, A. O avanço dos drones. **Agro DBO**, v. 33, n. 403, p. 20-25, 2014.

MISTRO, J. C. A cultura do café. **Instituto Agrônômico (IAC/APTA)**, São Paulo, 2012. Disponível em: < <https://petfaem.files.wordpress.com/2013/10/a-cultura-do-cafc3a9.pdf>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

OLIVEIRA, M. A. S.; SAMPAIO, J. B. R.; ALVES, R. T. **Flutuação populacional do bicho-mineiro *Perileuoptera coffeella* (Guérin-Ménéville, 1842) em cafeeiro no Distrito Federal**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1992. 3p.

OLIVEIRA, M. A. S.; SAMPAIO, J. B. R.; GOMES, A. C. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 2 Cafeeiro no Distrito Federal. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento EMBRAPA**, n. 2, p. 1–19, 2001.

Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura (FAO). 2015. Disponível em:<http://www.fao.org/fileadmin/templates/wsfs/docs/Issues_papers/HLEF2050_Global_Agriculture.pdf>. Acesso em: 20 mai. 2018.

PIERRE, L. S. R. **Níveis populacionais de *Leuoptera coffeella* (Lepidoptera: Lyonetiidae) e *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae) e a ocorrência de seus parasitoides em sistemas de produção de café orgânico e convencional**. Tese (Doutorado em Ciências) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo. p. 100. 2011.

RAMIRO, D. A.; GUERREIRA-FILHO, O.; QUEIROZ-VOLTAN, R. B.; MATTHIESEN, S. C. Caracterização anatômica de folhas de cafeeiro resistentes e susceptíveis ao bicho-mineiro. **Bragantia**, v. 63, n. 3, p. 367-372, 2004.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C.; LIMA, J. O. P.; MELO, L. A. S. Controle químico do "bicho-mineiro" das folhas do cafeeiro, *Perileuoptera coffeella* (Lepidoptera - Lyonetiidae). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEIEIRAS, 4., 1976, Campos do Jordão, p. 238-239.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de. Manejo integrado do bicho-mineiro, *Perileuoptera coffeella* (Guérin-Menèveille) (Lepidoptera: Lyonetiidae) e seu reflexo na produção de café. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, v. 25, n. 1, p. 77-82, 1996.

REIS, P. R.; SOUZA, J. C. de. Pragas do cafeeiro. In: RENA, A. B.; MALAVOLTA, E.; ROCHA, M.; YAMADA, T. **Cultura do cafeeiro: fatores que afetam a produtividade**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1986. p. 323-378.

ROSA, R.; LIMA, S. C.; ASSUNÇÃO W. L. Abordagem preliminar das condições climáticas de Uberlândia (MG). **Sociedade e Natureza**, v.3, n. 5 e 6, p. 91-108. 1991.

SANTOS, J. C. F.; GARCIA, A.; ALVES, P. M. P. Monitoramento e níveis de controle das principais pragas e doenças do cafeeiro em Rondônia. **Circular Técnica EMBRAPA**, n. 23, p. 1–19, 1995.

SANTOS, P. M. Café. **CEPLAC**, 2018. Disponível em: <<http://www.ceplac.gov.br/radar/cafe.htm>>. Acesso em: 15 mai. 2018.

SEMEÃO, A. A.; PICANÇO, M. C.; MORENO, S. C.; OLIVEIRA, I. R.; SILVA, L. J.; MILAGRES, C. C. Amostragem convencional do bicho mineiro em cafeeiros em produção pela contagem de minas com lagartas. **Universidade Federal de Viçosa: departamento de biologia animal**, 2005.

SOUZA, J. C. de; REIS, P. R.; RIGITANO, R. L. de O.; JÚNIOR, A. I. C. Eficiência de thiamethoxam no controle do bicho-mineiro do cafeeiro. I - influência da modalidade de aplicação. **Coffee Science**, v. 1, n. 2, p. 143–149, 2006.

SOUZA, J. C. de; REIS, P. R.; RIGITANO, R. L. de O.; RENÊ, L. de O. Bicho mineiro do cafeeiro: biologia, danos e manejo integrado. **Boletim Técnico EPAMIG**, v. 2, n. 54, 1998.

SOUZA, J. C. Café: controle do bicho mineiro precisa ser feito a partir de agora para garantir grande safra em 2018. **Notícias Agrícolas**, 03 mar. 2017. Disponível em: <<https://www.noticiasagricolas.com.br/noticias/cafe/187850-cafe-controlado-bicho-mineiro-precisa-ser-feito-a-partir-de-agora-para-garantir-grande-safra-em-2018.html#.Wz-SC9JKjIX>>. Acesso em: 22 jun. 2018.

TOMMASELLI, A. M. G. **Fotogrametria básica**, Presidente Prudente: UNESP, 2009. Disponível em <http://www.faed.udesc.br/arquivos/id_submenu/891/introducao_a_fotogrametria.pdf>. Acesso em: 11 nov. 2019.

VASCONCELOS, G. de C. **Identificação da praga bicho-mineiro em plantações de café usando imagens aéreas e deep learning**. Universidade Federal de Uberlândia, 2019. Disponível em: <<https://repositorio.ufu.br/handle/123456789/26175>>. Acesso em: 23 out. 2019.