

NOVAS PROTEÍNAS: INSETOS

Regis Kamimura; Cristiane Ferreira Prazeres Marchini

1 INTRODUÇÃO

A utilização de farinha de insetos na alimentação animal foi sugerida pela FAO (2011) pois, atualmente, existe uma necessidade de se aumentar o fornecimento de proteína sustentável para uso em rações para animais. Na perspectiva de melhorar a sustentabilidade da produção de carne, os insetos estão emergindo rapidamente como ingrediente alimentar inovador para algumas espécies de animais de produção, especialmente aves e suínos, como uma alternativa potencial para vegetais proteicos e farinha de peixe (Charlton et al., 2015; Cullere et al., 2017).

Na maioria dos sistemas de produção animal, a ração ocupa a maior parte dos custos. A farinha de peixe e as leguminosas, como a soja, são ingredientes-chave nos alimentos para animais, fornecer os compostos proteicos necessários (Kenis et al., 2014). Larvas e pupas de insetos são ricas em proteínas (40-70% de MS), ácidos graxos mono- e/ ou poliinsaturados, ferro, cobre, magnésio, manganês, fósforo, selênio, zinco, vitaminas do complexo B e aminoácidos tais como lisina e triptofano (DeFoliart 1995; Rumpold e Schlüter, 2013), além de terem ciclos de vida curtos e serem fáceis de produzir e manusear (Ramos-Erlduy et al., 2002).

Até agora, os principais esforços de pesquisa em dietas de aves e suínos concentraram-se na mosca soldado negro (MSN), mosca doméstica (MD), larvas de bicho-da-seda, *Tenebrio molitor* (TM), gafanhotos e grilos.

2 ESPÉCIES DE INSETOS COM POTENCIAL PARA A UTILIZAÇÃO NA DIETA ANIMAL COMO FONTE PROTEÍCA

2.1 Mosca soldado negro (*Hermetia illucens*)

A criação da mosca soldado negro tem sido destacada como uma maneira eficiente de se converter dejetos orgânicos em biomassa rica em proteína e

gorduras para alimentar animais de produção e para produzir biodiesel (Diener et al., 2011; van Huis et al., 2013).

A larva da mosca soldado negro pode alcançar 27 mm de comprimento, 6mm de largura e 220mg de peso na sua última fase larval e se alimenta de 25 a 500mg de matéria fresca/larva/dia obtida de frutas, vegetais, grãos de destilaria, vísceras de peixes e excreta dos animais e de humanos (Hardoiun e Mahoux, 2003; Diener et al., 2011; van Huis et al., 2013).

A grande vantagem da mosca soldado negro sobre outros insetos utilizados para a produção de biomassa é que a mosca adulta não é um potencial vetor de doenças, porém apresenta a desvantagem de necessitar de ambientes mais quentes para seu desenvolvimento, o que pode demandar energia para aquecimento nos locais de criação estabelecidos em países de climas temperados (Leclerq, 1997; Veldkamp et al., 2012).

O ambiente ideal de criação da mosca soldado negro se caracteriza por temperaturas entre 29 e 31°C, UR entre 50 e 70% utilizando-se substratos como fezes de suínos, aves e restos de alimentos (Barry, 2004). Assim, as larvas podem reduzir o acúmulo de esterco de galinhas poedeiras e de suínos em 50% e do lixo doméstico em 65-75% (Sheppard et al., 1994; Barry, 2004; Newton et al., 2005, Diener et al., 2011). Além disso, a larva da mosca soldado negro é competidora da larva da mosca doméstica (*Musca domestica*) e podem reduzir a sua população em 94-100% nas excretas de aves e suínos (Sheppard et al., 1994; Newton et al., 2005). Há relatos de que a larva da mosca soldado negro modifica a microbiota das excretas, reduzindo a população de bactérias patogênicas como a *Escherichia coli* O157:H7 e *Salmonella enterica* (Erickson et al., 2004).

Os constituintes químicos da larva da mosca soldado negro (Tabela 1) varia muito e depende do tipo do substrato utilizado para sua criação e de sua composição (Oonincx et al., 2015).

Tabela 1. Médias e desvios-padrão dos constituintes químicos, minerais e amoniácidos da larva da mosca soldado negro (*Hermetia illucens*)

Composição química da matéria seca	
Proteína bruta (%)	42,1±1,0
Fibra bruta (%)	7,0
Extrato etéreo (%)	26,0±8,3
Matéria mineral (%)	20,6±6,0
Energia bruta (MJ/kg)	22,1

Composição mineral da matéria seca	
Ca (g/kg)	75,6±17,1
P (g/kg)	9,0±4,0
K (g/kg)	6,90
Na (g/kg)	1,30
Mg (g/kg)	3,90
Fe (g/kg)	1,37
Mn (mg/kg)	246,0
Zn (mg/kg)	108,0
Cu (mg/kg)	6,0
Composição aminoacídica (g/16g N)	
Alanina	7,7±0,8
Arginina	5,6±0,3
Ácido aspártico	11,0±1,8
Cistina	0,1
Metionina	2,1±0,3
Lisina	6,6±0,9
Isoleucina	5,1±0,5
Leucina	7,9±0,6
Fenilalanina	5,2±0,4
Treonina	3,7±1,7
Triptofano	0,5
Ácido glutâmico	10,9±2,4
Histidina	3,0±1,0
Prolina	6,6
Serina	3,1±1,9
Tirosina	6,9±0,7
Valina	8,2±1,4

Fonte: Modificado de Makkar et al. (2014)

A farinha de larvas da mosca soldado negro é um ingrediente adequado para ser utilizada na alimentação de suínos em fase de crescimento, pois apresenta boa palatabilidade, mas é relativamente deficiente em metionina+lisina e treonina, havendo a necessidade de suplementação (Newton et al., 1977).

Nekrasov et al. (2015) testaram a inclusão de 7% de farinha de larvas de *Hermetia illucens* (FLHI) na dieta de leitões Landrace X Large White em fase de crescimento em substituição à uma ração contendo 5% de farinha de peixes + aditivo bioativo comercial contendo FLHI na dosagem de 0,5kg/t de ração. Os resultados mostraram que o uso de larvas secas *Hermetia illucens* aumentou o ganho médio diário em 6,7-14,4% em comparação com controle, melhora na digestibilidade dos nutrientes, incluindo matéria seca em 5,6-6,4%, proteína bruta em 2,6-3,0%, fibra bruta em 11,8-21,5% e extrativos não-nitrogenados em 5,4-5,7%.

A pré-pupa da mosca soldado negro (MSN) é rica em gordura e tem o ácido láurico (C12:0) como o ácido graxo predominante, conhecido por sua ação antimicrobiana efeitos sobre bactérias Gram-positivas (Spranghers et al., 2017; Dierick et al., 2002; Skrivanova et al., 2005). Por isso, os efeitos da gordura da MSN na microbiota intestinal suína foram avaliados por Spranghers et al. (2018) *in vitro*, simulando digestão no intestino delgado superior de leitões, e *in vivo*. No teste *in vitro*, diferentes quantidades de gordura da MSN foram adicionadas a um meio de incubação, que continha uma dieta sintética, um tampão fosfato (pH 5) e um inóculo microbiano de um leitão doador. O meio foi incubado a 37°C durante 4 horas. Utilizando meios seletivos, contaram-se coliformes, D-estreptococos, lactobacilos e bactérias anaeróbicas totais em alíquotas tomadas no final das incubações. No teste *in vivo*, leitões desmamados receberam dietas com farinha de pré-pupas de MSN não desengordurada (4 e 8%) e desengordurada (5,4%) e comparado com uma dieta controle a base de soja como fonte proteica. *In vitro*, a gordura da pré-pupa não contendo 0,58 g de ácido láurico/100 mL, suprimiu o crescimento de lactobacilos, mas os efeitos antibacterianos mais substanciais foram registrados contra D-estreptococos. No nível de inclusão mais alto (equivalente a 0,87 g de ácido láurico/100 mL), foram observadas reduções de cerca de 2 vezes em log de D-estreptococos. *In vivo*, uma redução de apenas 0,5 log foram observadas para D-estreptococos no intestino de leitões alimentados com dietas contendo MSN. Não foram registradas diferenças para ganho diário, consumo de ração e ganho de peso entre os tratamentos. A digestibilidade fecal aparente da ração controle não diferiu significativamente à dos alimentos contendo insetos (digestibilidade proteica entre 77 e 78% para todos os tratamentos). A digestibilidade da proteína ileal da dieta com 8% de gordura total (67,4%) foi menor que a do controle (69,7%), para a MSN com 4% de gordura e sem gordura as dietas os valores foram maiores (73,3%).

2.2 Mosca domestica (*Musca domestica*)

Considerada peste mundial e o mais importante vetor de doenças, tem sido estudada desde os anos 1960 como produtora de biomassa rica em proteína e gordura para a alimentação animal (Calvert et al., 1969; Miller e Shaw, 1969). A larva da mosca doméstica se desenvolve em temperaturas de 25° a 30°C e UR de 60-70% (Miller et al., 1974) em fezes de aves, de suínos, sangue bovino, grão de

trigo, restos de ovos, vísceras de animal e restos de frutas (Akpodiete et al., 1997; Hardouin and Mahoux, 2003; Odesanya et al., 2011; Viroje e Malin, 1988; Zhu et al., 2012; Aniebo et al., 2008).

Como a mosca domestica é considerada vetor de muitas doenças, a inclusão das larvas e pupas na dieta dos animais traz preocupações sobre a potencial transmissão de doenças aos rebanhos, principalmente quando se oferece substratos contaminados com fungos e bactérias. Entretanto, contaminações devido à inclusão de larvas na dieta de aves e peixes não foram relatadas (Makkar et al., 2014).

Os constituintes químicos das larvas e pupas (Tabela 2) da mosca domestica variam muito e dependem da fase de desenvolvimento, do método de processamento e do substrato utilizado para sua criação (Inaoka et al., 1999; Aniebo e Owen, 2010; Hwangbo et al., 2009).

Tabela 2. Médias e desvios-padrão dos constituintes químicos, minerais, amoniácidos e dos ácidos graxos de larvas e pupas da mosca doméstica (*Musca domestica*)

Composição química da matéria seca	Larvas	Pupas
Proteína bruta (%)	50,4±5,3	70,8±5,3
Fibra bruta (%)	5,7±2,4	15,7
Extrato etéreo (%)	18,9±5,6	15,5±1,0
Matéria mineral (%)	10,1±3,3	7,7±2,1
Energia bruta (MJ/kg)	22,9±1,4	24,3
Composição mineral da matéria seca	Larvas	Pupas
Ca (g/kg)	4,7±1,7	-
P (g/kg)	16,0±5,5	-
K (g/kg)	5,7±3,5	-
Na (g/kg)	5,2±2,4	-
Mg (g/kg)	3,4±4,0	-
Fe (g/kg)	1,0±0,44	-
Mn (mg/kg)	91,0±114,0	-
Zn (mg/kg)	27,0±6,0	-
Cu (mg/kg)	119,0±118,0	-
Composição aminoacídica (g/16g N)	Larvas	Pupas
Alanina	5,8±1,0	4,2±0,2
Arginina	4,6±0,7	4,9±0,9
Ácido aspártico	7,5±1,5	7,9±1,2
Cistina	0,7±0,2	0,4
Metionina	2,2±0,8	2,0±0,6
Lisina	6,1±0,9	5,5±0,9
Isoleucina	3,2±0,5	3,4±0,2
Leucina	5,4±0,6	5,2±0,3
Fenilalanina	4,6±0,8	4,2±0,5
Treonina	3,5±7,7	3,2±0,2

Triptofano	1,5	-
Ácido glutâmico	11,7±1,8	10,2±2,1
Histidina	2,4±0,8	2,0±0,6
Prolina	3,3±0,7	3,4
Serina	3,6±0,5	3,1±0,4
Glicina	4,2±0,4	4,1±0,2
Tirosina	4,7±1,4	4,9±0,4
Valina	4,0±1,1	4,2±0,7
Composição dos ácidos graxos	Larvas	Pupas
Ácido mirístico	5,5	2,8±0,3
Ácido palmítico	31,1±6,0	29,6±4,6
Ácido palmitoleico	13,4±10,9	13,3±7,5
Ácido esteárico	3,4	3,2±1,4
Ácido oleico	24,8	18,7
Ácido linoleico	19,8	16,4
Ácido linolênico	2,0	2,1
Ácido láurico	-	0,4

Fonte: Modificado de Makkar et al. (2014)

O valor nutricional de uma mistura de conteúdo ruminal com farinha de larva de mosca doméstica (CR+FL) na dieta de leitões desmamados aos 28 dias de idade foi avaliado por Adeniji (2008). A mistura CR+FL foi composta na proporção de 3:1 contendo 17,17% de proteína bruta e foi incluída na ração nos níveis de 0, 5, 10, 15 e 20%. Os resultados mostraram que se pode a mistura CR+FL pode ser utilizada em até 20% na dieta de leitões desmamados sem causar prejuízo no desempenho dos animais ou na digestibilidade do nitrogênio. Considerando-se a viabilidade econômica da dieta, a inclusão de 10% da mistura proporcionou a melhor relação custo/ ganho de peso.

2.3 Bicho da farinha (*Tenebrio molitor*)

As larvas do bicho da farinha são usadas para alimentar pets, animais de zoológico como aves, répteis, pequenos mamíferos anfíbios e e peixes (Aguilar-Miranda et al., 2002; Hardouin e Mahoux, 2003; Veldkamp et al., 2012). Medem 20-32 mm de comprimento e pesa de 130-160 mg e, sua fase de pupa dura de 7 a 9 dias em temperaturas de 25°C (Finke, 2002; Hill, 2002; Hardouin e Mahoux, 2003).

Os substratos utilizados pelas larvas do bicho da farinha são farinha e sementes de cereais (trigo, milho, aveia), frutas frescas e vegetais (cenoura, batata, alface) suplementados com fontes proteicas (farinha de soja, leite me pó desnatado e leveduras) (Aguilar-Miranda et al., 2002; Hardouin e Mahoux, 2003).

As larvas do bicho da farinha tem a capacidade de detoxicar a zearalenona, por metabolizar parcialmente a alfa-zearalenona. Entretanto, não há relatos acúmulo de zearalenona nas larvas e consequente intoxicação dos animais que as consumiram (Hornung, 1991).

A composição química, mineral, aminoacídica e o perfil dos ácido graxos das larvas do bicho da farinha (Tabela 3) podem variar conforme o substrato oferecido (Oonincx et al., 2015), o tamanho e peso da larva (Ramos-Elorduy et al., 2002).

Tabela 3. Médias e desvios-padrão dos constituintes químicos, minerais, amoniacídicos e dos ácidos graxos do bicho da farinha (*Tenebrio molitor*)

Composição química da matéria seca	
Proteína bruta (%)	52,8±4,2
Fibra detergente neutro (%)	12,0±3,5
Fibra detergente ácido (%)	6,5
Extrato etéreo (%)	36,1±4,1
Matéria mineral (%)	3,1±0,9
Energia bruta (MJ/kg)	26,8±0,4
Composição mineral da matéria seca	
Ca (g/kg)	2,7±1,9
P (g/kg)	7,8±3,7
K (g/kg)	8,9
Na (g/kg)	0,9
Mg (g/kg)	2,3±0,4
Fe (g/kg)	57,0±32,0
Mn (mg/kg)	9,0±4,0
Zn (mg/kg)	116,0±24,0
Cu (mg/kg)	16,0±1,0
Composição aminoacídica (g/16g N)	
Alanina	7,3±1,0
Arginina	4,8±1,0
Ácido aspártico	7,5±1,7
Cistina	0,8±0,0
Metionina	1,5±0,4
Lisina	5,4±0,8
Isoleucina	4,6±0,5
Leucina	5,4±0,6
Fenilalanina	4,0±0,4
Treonina	4,0±0,5
Triptofano	0,6±0,5
Ácido glutâmico	11,3±1,1
Histidina	3,4±0,2
Prolina	6,8±0,2
Serina	7,0±3,5
Glicina	4,9±0,9
Tirosina	7,4±0,3
Valina	6,0±0,6

Composição dos ácidos graxos	
Ácido mirístico	4,0±2,1
Ácido palmítico	21,1±6,7
Ácido palmitoleico	4,0±1,8
Ácido esteárico	2,7±0,4
Ácido oleico	37,7±8,7
Ácido linoleico	27,4±4,0
Ácido linolênico	27,4±4,0
Ácido láurico	0,5±0,5

Fonte: Modificado de Makkar et al. (2014)

Jin et al. (2016) conduziram um estudo para investigar os efeitos no crescimento, na digestibilidade de nutrientes e no perfil sanguíneo de leitões desmamados (28 ± 3 dias e $8,04 \pm 0,08$ kg de peso vivo) da inclusão de 0%, 1,5%, 3,0%, 4,5% ou 6,0% da farinha de larva seca de *Tenebrio molitor* na dieta. Do primeiro ao 14º dia de experimento, o aumento do nível de larvas secas na dieta melhorou o peso corporal, o ganho médio diário e consumo médio diário de ração. Do 15º ao 35º dia, o consumo médio diário de ração também aumentou quando os suínos foram alimentados com maior nível de larvas secas (6,0%). Além disso, o nível crescente de larvas secas melhorou o ganho de peso médio diário e o consumo médio diário durante todo o período experimental. Como o nível de inclusão da farinha de larva seca de *T. molitor* foi crescente, a retenção de nitrogênio e a digestibilidade da matéria seca, bem como da proteína bruta, aumentaram linearmente. Nos resultados dos perfis sanguíneos, houve diminuição do nitrogênio no sangue e aumento do nível de insulina. No entanto, não houve diferenças significativas na concentração de imunoglobulina A (IgA) e IgG pela adição de farinha de larvas secas. Consequentemente, a suplementação de farinha de larvas seca de *T. molitor* em até 6% na dieta dos leitões desmama melhora o crescimento e a digestibilidade dos nutrientes sem qualquer efeito prejudicial sobre as respostas imunes.

Ji et al. (2016) testaram o uso de farinha de larvas de insetos (*Tenebrio molitor* e *Musca domestica*) como fonte proteica para leitões Duroc X Landrace X Yorkshire com um peso médio de 4,74 kg desmamados precocemente (14 ± 2 dias de idade) em substituição do plasma em pó em rações a base de milho e farelo de soja. A digestibilidade ileal aparente nos grupos TM e MD no sétimo dia do experimento e as taxas de diarreia entre 15 e 28 dias foram diminuídas, em

comparação com o grupo controle. No 28º dia de experimento, a concentração de amônia no plasma diminuiu nos grupos TM e DM comparada ao grupo de controle. No 56º dia de experimento, a digestibilidade ileal aparente da metionina em aumentou nos grupos TM e MD em comparação ao controle. Portanto, o uso de farinha de TM e MD como fonte de proteína na dieta está associado à boa biodisponibilidade aparente de aminoácidos e uma redução na taxa de diarreia em leitões desmamados precocemente, sem afetar o desempenho do crescimento.

2.4 Gafanhotos e grilos

Estes insetos são considerados pragas para as lavouras mas são consumidos por humanos em várias continentes como África, América (México) e Ásia (Japão, China, Coréia, Tailândia, Índia) (DeFoliart, 1989; Ramos-Elorduy, 1997; van Huis et al., 2013; Cohen et al., 2009). Também são utilizados na alimentação de pets e animais de zoológico e tem-se investigado o potencial de utilização em animais de produção, especialmente na avicultura e na aquicultura (Makkar et al., 2014).

A composição química, mineral, aminoacídica e o perfil dos ácido graxos de grilos e gafanhotos (Tabela 4) podem variar com o estágio de desenvolvimento desses insetos (Makkar et al., 2014; Oonincx et al., 2015).

Tabela 4. Médias e desvios-padrão dos constituintes químicos, minerais, amoniacídicos e dos ácidos graxos de gafanhotos e grilos

Composição química da matéria seca	Gafanhoto	Grilo
Proteína bruta (%)	57,3±511,8	63,3±5,7
Fibra bruta (%)	8,5±4,1	18,3±3,9
Extrato etéreo (%)	8,5±3,1	10,0
Matéria mineral (%)	6,6±2,5	17,3±6,3
Energia bruta (MJ/kg)	21,8±2,0	5,6±2,4
Composição mineral da matéria seca	Gafanhoto	Grilo
Ca (g/kg)	-	10,1±5,3
P (g/kg)	-	7,9
Mg (g/kg)	-	12,0
Cu (mg/kg)	-	15,0±7,0
Mn (mg/kg)	-	40,0±10,0
Fe (mg/kg)	-	116,0±58,0
Zn (mg/kg)	-	215,0±60,0
Composição aminoacídica (g/16g N)	Gafanhoto	Grilo
Alanina	4,6	8,8

Arginina	5,6	6,1
Ácido aspártico	9,4	7,7
Cistina	1,1	0,8
Metionina	2,3	1,4
Lisina	4,7	5,4
Isoleucina	4,0	4,4
Leucina	5,8	9,8
Fenilalanina	3,4	3,0
Treonina	3,5	3,6
Triptofano	0,8	0,6
Ácido glutâmico	15,4	10,4
Histidina	3,0	2,3
Prolina	2,9	5,6
Serina	5,0	4,6
Glicina	4,8	5,2
Tirosina	3,3	5,2
Valina	4,0	5,1
Composição dos ácidos graxos	Gafanhoto	Grilo
Ácido mirístico	-	0,7
Ácido palmítico	-	23,4
Ácido palmitoleico	-	1,3
Ácido esteárico	-	9,8
Ácido oleico	-	23,8
Ácido linoleico	-	38,0
Ácido linolênico	-	1,2
Ácido láurico	-	Não detectado

Fonte: Modificado de Makkar et al. (2014)

2.5 Barata cineria (*Nauphoeta cineria*)

Originária do nordeste da África, disseminou-se mundialmente devido à sua convivência com os seres humanos onde podem ter à disposição água, alimento e abrigo (Fernandes et al., 2016). Reproduz-se por via sexuada ou por partenogênese facultativa. Entretanto, a reprodução por partenogênese ocorra em menor escala que pela via sexuada e os insetos gerados por partenogênese são menos viáveis (Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Speckled_cockroach). São insetos onívoros mas podem viver por até 27 a 30 dias sem água e sem alimento (Bell et al., 2007; Fernandes et al., 2016).

2.6 Bicho-da-seda (*Bombyx mori*)

A larva do bicho da seda é um subproduto do setor produtivo da seda. Para cada quilo de seda produzidos, obtém-se 8kg de larvas hidratadas ou 2 kg de larvas desidratadas (Datta, 2007; Patil et al., 2013). O Brasil está entre os maiores produtores de seda, juntamente com China, Índia, Uzbequistão, Tailândia e Vietnã. A produção mundial em 2011 foi de 485.000 toneladas de casulos de bicho da seda, o que resultou em 65.000 toneladas de larvas desidratadas (FAO, 2012).

Devido ao seu alto teor proteico (Tabela 5), as larvas do bicho da seda tem sido consideradas adequadas como alimento para animais de produção, especialmente os monogástricos (aves, suínos e peixes) (Trivedy et al., 2008).

Tabela 5. Médias e desvios-padrão dos constituintes químicos, minerais, amoniácidos e dos ácidos graxos de larvas do bicho-da-seda não desengordurada e desengordurada.

Composição química da matéria seca	Não desengordurada	Desengordurada
Proteína bruta (%)	60,7±7,0	75,6±10,8
Fibra bruta (%)	3,9±1,1	6,6±3,1
Extrato etéreo (%)	25,7±9,0	4,7±2,7
Matéria mineral (%)	5,8±2,4	6,8±4,1
Composição mineral da matéria seca	Não desengordurada	Desengordurada
Ca (g/kg)	3,8±3,0	4,0±3,6
P (g/kg)	6,0±2,3	8,7±4,8
Mg (g/kg)	326,0±67,0	-
Fe (mg/kg)	57,0±32,0	-
Mn (mg/kg)	18,0	-
Zn (mg/kg)	224,0±126,0	-
Cu (mg/kg)	15,0±12,0	-
Composição aminoacídica (g/16g N)	Não desengordurada	Desengordurada
Alanina	5,8	4,4±0,2
Arginina	5,6	5,1±0,3
Ácido aspártico	10,4	7,8±0,7
Cistina	1,0	0,8±0,5
Metionina	3,5	3,0±0,4
Lisina	7,0	6,1±0,4
Isoleucina	5,1	3,9±0,2
Leucina	7,5	5,8±0,2
Fenilalanina	5,2	4,4±0,3
Treonina	5,1	4,8±0,3
Triptofano	0,9	1,4±0,2
Ácido glutâmico	13,9	8,3±0,7
Histidina	2,6	2,6±0,1
Prolina	5,2	5,2
Serina	5,0	4,5±0,2

Glicina	4,8	3,7±0,3
Tirosina	5,9	5,5±0,2
Valina	5,5	4,9±0,2
Composição dos ácidos graxos	Não desengordurada	Desengordurada
Ácido mirfístico	4,0±2,1	-
Ácido palmítico	21,1±6,7	-
Ácido palmitoleico	4,0±1,8	-
Ácido esteárico	2,7±0,4	-
Ácido oleico	37,7±8,7	-
Ácido linoleico	27,4±4,0	-
Ácido linolênico	27,4±4,0	-
Ácido láurico	0,5±0,5	-

Fonte: Modificado de Makkar et al. (2014)

Com exceção das larvas do bicho da seda, os demais insetos são deficientes em metionina e lisina (Tabela 7) e a suplementação se faz necessária e pode melhorar o desempenho dos animais e pode-se aumentar o nível de substituição da farinha de peixes e farelo de soja. A maioria das farinhas de insetos são deficientes também em cálcio e fósforo, sendo necessário a suplementação nas rações confeccionadas com farinhas de insetos, principalmente aquelas destinadas às aves de postura (Makkar et al., 2014).

De acordo com pesquisas realizadas para se testar a substituição do farelo de soja ou da farinha de peixes em dietas tradicionais por farinha de larvas do bicho da seda, a farinha de pupas do bicho-da-seda pode substituir totalmente a farinha de peixe na dieta de leitões em crescimento e terminação sem alterar a qualidade da carcaça e da carne e os parâmetros sanguíneos (Medhi et al., 2009a, 2009b). O farelo de pupas de bichos-da-seda não desengordurado também pode substituir parcialmente o farelo de soja em dietas para suínos em crescimento e terminação, com melhoria na conversão alimentar e sem efeitos significativos no crescimento e nas características de carcaça quando os níveis de substituição não ultrapassar 50%.

Tabela 7. Principais constituintes químicos e de aminoácidos de insetos comparados aos constituintes da farinha de peixes e farelo de soja.

Constituintes (% de MS)	Larva da mosca soldado negro	Larva da mosca domestica	Bicho da farinha	Gafanhoto	Grilo	Pupa de bicho da seda	Pupa de bicho da seda desengordurado	Farinha de peixe	Farelo de soja
PB	42,10	50,40	52,80	57,30	63,30	60,70	75,60	70,60	51,80
Lipídeos	26,0	18,90	36,10	8,50	17,30	25,70	4,70	9,90	2,00
Cálcio	7,56	0,47	0,27	0,13	1,01	0,38	0,40	4,34	0,39
Fósforo	0,90	1,60	0,78	0,11	0,79	0,60	0,87	2,79	0,69
Ca: P	8,40	0,29	0,35	1,18	1,28	0,63	0,46	1,56	0,57
Aminoácidos essenciais									
Metionina	2,1	2,2	1,5	2,3	1,4	3,5	3,0	2,7	1,32
Cistina	0,1	0,7	0,8	1,1	0,8	1,0	0,8	0,8	1,38
Valina	8,2	4,0	6,0	4,0	5,1	5,5	4,9	4,9	4,50
Isoleucina	5,1	3,2	4,6	4,0	4,4	5,1	3,9	4,2	4,16
Leucina	7,9	5,4	8,6	5,8	9,8	7,5	5,8	7,2	7,58
Fenilalanina	5,2	4,6	4,0	3,4	3,0	5,2	4,4	3,9	5,16
Tirosina	6,9	4,7	7,4	3,3	5,2	5,9	5,5	3,1	3,35
Histidina	3,0	2,4	3,4	3,0	2,3	2,6	2,6	2,4	3,06
Lisina	6,6	6,1	5,4	4,7	5,4	7,0	6,1	7,5	6,18
Treonina	3,7	3,5	4,0	3,5	3,6	5,1	4,8	4,1	3,78
Triptofano	0,5	1,5	0,6	0,8	0,6	0,9	1,4	1,0	1,36
Aminoácidos não essenciais									
Serina	3,1	3,6	7,0	5,0	4,6	5,0	4,5	3,9	5,18
Arginina	5,6	4,6	4,8	5,6	6,1	5,6	5,1	6,2	7,64
Ác. glutâmico	10,9	11,7	11,3	15,4	10,4	13,9	8,3	12,6	19,92
Ác. aspártico	11,0	7,5	7,5	9,4	7,7	10,4	7,8	9,1	14,14
Prolina	6,6	3,3	6,8	2,9	5,6	5,2	-	4,2	5,99
Glicina	5,7	4,2	4,9	4,8	5,2	4,8	3,7	6,4	4,52
Alanina	7,7	5,8	7,3	4,6	8,8	5,8	4,4	6,3	4,54

4 PERSPECTIVAS FUTURAS

As farinhas de insetos para se tornarem parte significativa da dieta dos animais de produção devem estar disponíveis no mercado durante o ano todo necessitam ser produzidas em escala industrial e com rígido controle sanitário, livres de contaminantes biológicos, de metais pesados e de pesticidas.

Ainda há a necessidade de mais estudos sobre o desempenho dos animais que recebem dietas contendo farinha de insetos e sobre a viabilidade econômica do uso dessas farinhas.

Também é imperioso realizar estudos sobre a aceitabilidade do consumidor pelos produtos gerados pelos animais alimentados com rações que contenham farinha de insetos em suas formulações, bem como, sobre a segurança alimentar de tais produtos.

REFERÊNCIAS

Adeniji, A. A. Effect of replacing groundnut cake with maggot meal in the diet of broilers. *International Journal of Poultry Science*, v. 6, n. 11, p. 822-825, 2007.

Aguilar-Miranda, E. D.; López, M. G.; Escamilla-Santana, C.; Barba de la Rosa, A. P. Characteristics of maize flour tortilla supplemented with ground *Tenebrio molitor* larvae. *J. Agric. Food Chem.*, v. 50, p. 192–195, 2002.

Akpodiete, O.J.; Inoni, O. E. Economics of production of broiler chickens fed maggot meal as replacement for fish meal. *Nigerian J. Anim. Prod.*, v. 27, p. 59–63, 2000.

Aniebo, A. O.; Owen, O. J. Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica* Linnaeus) meal (HFLM). *Pakistan J. Nutr.*, v. 9, p. 485–487, 2010.

Aniebo, A. O.; Erondy, E. S.; Owen, O. J. Proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal generated from mixture of cattle blood and wheat bran. *Livest. Res. Rural Dev.*, v. 20, 2008.

Barry, T. (Ph.D. dissertation) 2004. Evaluation of the economic, social, and biological feasibility of bioconverting food wastes with the black soldier fly (*Hermetia illucens*). University of Texas, 176 pp.

Bell, W. J.; Roth, L. M.; Nalepa, C. A. *Cockroaches: ecology, behavior, and natural history*. The Johns Hopkins University Press: Baltimore, 2007.

Calvert, C. C.; Martin, R. D.; Morgan, N. O. Housefly pupae as food for poultry. *J. Econ. Entomol.*, v. 62, p. 938–939, 1969.

Cohen, J. H.; Sánchez, N. D. M.; Montiel-Ishinoet, F. D. Chapulines and food choices in rural Oaxaca. *Gastron. J. Food Cult.*, v. 9, p. 61–65, 2009.

Cullere, M.; Tasoniero, G.; Giaccone, V.; Acuti, G.; Marangon, A.; Dalle Zotte, A. Black soldier fly as dietary protein source for broiler quails: meat proximate composition, fatty acid and amino acid profile, oxidative status and sensory traits. *Animal*, v. 12, n. 3, p. 640-647, 2017.

Datta, R. K. 2007. *Global Silk Industry: A Complete Source Book*. APH Publishing.

DeFoliart, G. R. The human use of insects as food and as animal feed. *Bull. Entomol. Soc. Am.*, v. 35, p. 22–35, 1989.

DeFoliart G. R., 1995 - Edible insects as minilivestock. - *Biodivers. Conserv.* 4: 306-321.

Diener, S.; Zurbrügg, C.; Roa Gutiérrez, F.; Nguyen Dang Hong, M.A.; Koottatep, T.; Tockner, K. Black soldier fly larvae for organic waste treatment—prospects and constraints. In: *Waste Safe 2011 – 2nd Int. Conf. on Solid Waste Management in the Developing Countries*, 13–15 February, Khulna, Bangladesh, pp. 52–59, 2011.

Dierick, N.A., Decuypere, J.A., Molly, K., Van Beek, E., Vanderbeke, E. The combined use of triacylglycerols containing medium-chain fatty acids (MCFAs) and exogenous lipolytic enzymes as an alternative for nutritional antibiotics in piglet nutrition I. In vitro screening of the release of MCFAs from selected fat sources by selected exogenous lipolytic enzymes under simulated pig gastric conditions and their effects on the gut flora of piglets. *Livest. Prod. Sci.*, v. 75, p. 129-142, 2002.

Erickson, M. C., Islam, M., Sheppard, C., Liao, J., Doyle, M. P. Reduction of *Escherichia coli* O157:H7 and *Salmonella enterica* serovar Enteritidis in chicken manure by larvae of the black soldier fly. *J. Food Prot.*, v. 67, p. 685–690, 2004.

FAO. *World Livestock 2011 – Livestock in food security*. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO), Rome, 2011. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/014/i2373e/i2373e.pdf>> Acesso em 22 de agosto de 2018.

FAO. FAOSTAT. Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2012.

Fernandes, I. S.; Ferreira, D. N.; Ferreira, J. A.; Lima, C. L. B.; Souza Junior, L. P.; Pena, M. S. Mito ou verdade: baratas *Nauphoeta cinerea* (Oliver, 1789) conseguem sobreviver decapitadas e sem alimento? *Sinapse Múltipla*, v. 5, n. 2, p. 99-99, 2016

Finke, M. D. Complete nutrient composition of commercially raised invertebrates used as food for insectivores. *Zoo Biol.*, v. 21, 269–285, 2002.

Hardouin, J.; Mahoux, G.; 2003. Zootechnie d'insectes – Elevage et utilisation au bénéfice de l'homme et de certains animaux. In: Bureau pour l'Echange et la Distribution de l'Information sur le Mini-élevage (BEDIM), 164 p. Disponible em < http://www.fastonline.org/CD3WD_40/LSTOCK/001/ITProv_May_2005/h4338f%20Zootehnie'd'insectes/begin.htm> Acesso em 22 de agosto de 2018.

Hill, D. S., 2002. Pests of Stored Foodstuffs and Their Control. Kluwer Academic Publishers, 476 p.

Hornung, B., 1991. The importance of mealworm larvae (*Tenebrio molitor*, L. 1758) as carriers of zearalenone when fed to insectivorous birds and other pet animals. In: Die Bedeutung der Larven des Mehlkafers (*Tenebrio molitor*, L. 1758) als Übertrager von Zearalenon in der Fütterung von insektivoren Vögeln und anderen Heimtieren, 81 pp.

Hwangbo, J.; Hong, E. C.; Jang, A.; Kang, H. K.; Oh, J. S.; Kim, B. W.; Park, B. S. Utilization of house fly-maggots, a feed supplement in the production of broiler chickens. *J. Environ. Biol.*, v. 30, p. 609–614, 2009.

Inaoka, T.; Okubo, G.; Yokota, M.; Takemasa, M. Nutritive value of house fly larvae and pupae fed on chicken feces as food source for poultry. *J. Poult. Sci.*, v. 36, p. 174–180, 1999.

Ji, Y. J.; Liu, H. N.; Kong, X. F.; Blachier, F.; Geng, M. M.; Liu, Y. Y.; Yin, Y. L. Use of insect powder as a source of dietary protein in early-weaned piglets. *J. Anim. Sci.*, v. 94, p. 111–116, 2016.

Jin, X. H.; Heo, P.S.; Hong, J. S.; Kim, N. J.; Kim, Y. Y. Supplementation of Dried Mealworm (*Tenebrio molitor* larva) on Growth Performance, Nutrient Digestibility and Blood Profiles in Weaning Pigs. *Asian Australas. J. Anim. Sci.*, v. 29, n. 7, p. 979-986, 2016.

Kenis, M.; Koné, N.; Chrysostome, C.; Devic, E.; Koko, G.; Clottey, V.; Nacambo, S.; Mensah, G. Insects used for animal feed in West Africa. **Entomologia**, v. 2, n. 2, 21 out. 2014. <https://doi.org/10.4081/entomologia.2014.218>

Leclercq, M. A propos de *Hermetia illucens* (Linnaeus, 1758) (Soldier fly) (Diptera Stratiomyidae: Hermetiinae). *Bull. Anns. Soc. Belge. Ent.*, v. 133, p. 275–282, 1997.

Makkar, H. P. S.; Tranb, G.; Heuzéb, V.; Ankersa, P. State-of-the-art on use of insects as animal feed. *Animal Feed Science and Technology*, v. 197, p. 1–33, 2014.

Medhi, D.; Math, N. C.; Sharma, D. N. Effect of silk worm pupae meal and enzyme supplementation on blood constituents in pigs. *Indian Veterinary Journal*, v. 8, p. 433-434, 2009a.

Medhi, D.; Math, N. C.; Gohain, A. K.; Bhuyan, R. Effect of silk worm pupae meal on carcass characteristics and composition of meat in pigs. *Indian Veterinary Journal*, v. 86, p. 816-818, 2009b.

Miller, B. F.; Shaw, J. H. Digestion of poultry manure by Diptera. *Poult. Sci.*, v. 48, p. 1844–1845, 1969 (abstract).

Miller, B. F.; Teotia, J. S.; Thatcher, T. O. Digestion of poultry manure by *Musca domestica*. *Br. Poult. Sci.*, v. 15, p. 231–234, 1974.

Nekrasov, R. V.; Chabaev, M. G.; Pashkova, L. A.; Bogolubova, N. V.; Ushakova, N. A.; Kravtsova, L. Z.; Pravdin, I. V. Dried black soldier fly larvae *Hermetia illucens* in diets to growing pigs. 66th EAAP Annual Meeting, Warsaw, Poland, 2015.

Newton, L.; Sheppard, C.; Watson, D. W.; Burtle, G.; Dove, R. 2005. Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure. In: Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center. North Carolina State University.

Newton, G. L.; Booram, C. V.; Barker, R. W.; Hale, O. M. Dried *Hermetia illucens* larvae meal as a supplement for swine. *J. Anim. Sci.*, v. 44, p. 395–400, 1977.

Odesanya, B. O.; Ajayi, S. O.; Agbaogun, B. K. O.; Okuneye, B. 2011. Comparative evaluation of nutritive value of maggots. *Int. J. Sci. Eng. Res.*, 2.

Oonincx, D. G. A. B.; van Broekhoven, S.; van Huis, A.; van Loon, J. J. A. Feed conversion, survival and development, and composition of four insect species on diets composed of food by-products. *PLoS ONE*, v. 10, n. 12, p. e0144601.

Patil, S. R.; Amena, S.; Vikas, A.; Rahul, P.; Jagadeesh, K.; Praveen, K. Utilization of silkworm litter and pupal waste—an eco-friendly approach for massproduction of *Bacillus thuringiensis*. *Bioresour. Technol.*, v. 131, p. 545–547, 2013.

Ramos-Elorduy, J. Insects: a sustainable source of food? *Ecol. Food Nutr.*, v. 36, p. 247–276, 1997.

Ramos-Elorduy, J.; González, E. A.; Hernández, A. R.; Pino, J. M. Use of *Tenebrio molitor* (Coleoptera: Tenebrionidae) to Recycle Organic Wastes and as Feed for Broiler Chickens. *Journal of Economic Entomology*, v. 95, n. 1, p. 214-220, 2002.

Rumpold, B. A.; Schlüter, O. K. Nutritional composition and safety aspects of edible insects. - *Mol. Nutr. Food Res.* 57: 802-823, 2013.

Sheppard, C.; Newton, G.L.; Thompson, S.A.; Savage, S. A value added manure management system using the black soldier fly. *Bioresour. Technol.*, v. 50, p. 275–279, 1994.

Skrivanova, E., Marounek, M., Dlouha, G., Kanka, J. Susceptibility of *Clostridium perfringens* to C-C fatty acids. *Lett. Appl. Microbiol.*, v. 41, p. 77-81, 2005.

Spranghers, T., Ottoboni, M., Klootwijk, C., Owyn, A., Deboosere, S., De Meulenaer, B., Michiels, J., Eeckhout, M., De Clercq, P., De Smet, S. Nutritional composition of black soldier fly (*Hermetia illucens*) prepupae reared on different organic waste substrates. *J. Sci. Food Agric.*, v. 97, p. 2594-2600, 2017.

Spranghers, T., Michiels, J., Vrancx, J., Owyn, A., Eeckhout, M., De Clercq, P., and De Smet, S. Gut antimicrobial effects and nutritional value of black soldier fly (*Hermetia illucens* L.) prepupae for weaned piglets. *Animal Feed Science and Technology*, v. 235, p. 33-42, 2018.

Trivedy, K.; Kumar, S. N.; Mondal, M.; Kumar Bhat, C. A. Protein banding pattern and major amino acid component in de-oiled pupal powder of silkworm, *Bombyx mori* Linn. *J. Entomol.*, v. 5, p. 10–16, 2008.

van Huis, A.; van Isterbeeck, J.; Klunder, H.; Mertens, E.; Halloran, A.; Muir, G.; Vantomme, P. Edible Insects – Future Prospects for Food and Feed Security. *FAO Forestry Paper* 171, 2013. Disponível em <<http://www.fao.org/docrep/018/i3253e/i3253e.pdf>> Acesso em 22 de agosto de 2018.

Veldkamp, T., van Duinkerken, G., van Huis, A., Lakemond, C. M. M., Ottevanger, E., Bosch, G., van Boekel, M. A. J. S., 2012. Insects as a sustainable feed ingredient in pig and poultry diets – a feasibility study. In: *Rapport 638 – Wageningen Livestock Research*. Disponível em <[http://www.wageningenur.nl/upload mm/2/8/0/f26765b9-98b2-49a7-ae43-5251c5b694f6_234247%5B1%5D](http://www.wageningenur.nl/upload_mm/2/8/0/f26765b9-98b2-49a7-ae43-5251c5b694f6_234247%5B1%5D)>

Viroje, W., Malin, S. Preliminary study on producing of fly larva meal from pig faeces as protein source in animal diets. *King Mongkut's Agric. J.*, v. 6, p. 25–31, 1988.

Zhu, F. X.; Wang, W. P.; Hong, C. L.; Feng, M. G.; Xue, Z. Y.; Chen, X. Y.; Yao, Y. L.; Yu, M. Rapid production of maggots as feed supplement and organic fertilizer by the two-stage composting of pig manure. *Bioresour. Technol.*, v. 116, p. 485–491, 2012.