



11º SIMPÓSIO
INTERNACIONAL
DE QUALIDADE
AMBIENTAL

02 A 04 DE
OUTUBRO
PORTO ALEGRE-RS
TEATRO DA PUCRS



TEMA
meio ambiente,
política & economia

TÍTULO: INFLUÊNCIA DA EVOLUÇÃO MASSA DE LARVAS DE TENEBRIO MOLITOR (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE) NA BIODEGRADAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (ISOPOR)

Pedro Cardoso de Sales Filho – pedrocardoso@edu.univali.br
Universidade do Vale do Itajaí
Rua Uruguai, 458 – Centro
88.302-901 – Itajaí - SC

Dra. Anelise Ehrhardt – anelisee@univali.br
Universidade do Vale do Itajaí
Rua Uruguai, 458 – Centro

Carla Claudino – carlaclaudino@yahoo.com
Universidade do Vale do Itajaí
Rua Uruguai, 458 – Centro

Dra. Albertina Xavier da Rosa Corrêa - acorrea@univali.br
Universidade do Vale do Itajaí
Rua Uruguai, 458 – Centro

Resumo: O poliestireno expandido (EPS) é um polímero de origem fóssil, considerado durável, de difícil reciclabilidade e resistente a biodegradação, podendo chegar a 150 anos quando disposto no meio ambiente. Conhecido pela sua marca registrada, Isopor®, o EPS representa 6,9% (22 milhões de toneladas/ano) do consumo mundial de plástico. Larvas de *Tenebrio molitor* vêm sendo estudada por biodegradarem e mineralizarem o EPS. Objetiva-se analisar a preservação das características biológicas de larvas de *T. molitor* quando utilizada como organismo degradador de isopor (EPS), verificar a relação de quantidade de larvas necessárias para biodegradar determinada massa de isopor (EPS) em um determinado tempo. Dois grupos de 20 (vinte) larvas foram isolados e alimentaram-se exclusivamente de blocos de isopor, em condições controladas [25 ± 1 °C, $70 \pm 2\%$ de umidade e foto período de 12:12 h (luz/escuro)]. Para determinar o número de larvas necessárias para biodegradar certa massa de isopor em função do tempo, utilizou-se um grupo com 20 larvas com fonte única de alimentação o EPS, que foram pesadas, onde se analisou a correlação de variáveis e regressão linear múltipla. A perspectiva da biodegradação de EPS por larvas pode revelar um novo destino para esse polímero no meio ambiente.

Palavras-chave: Biodegradação; Poliestireno expandido; EPS. Reciclagem; Reaproveitamento.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



BIODEGRADAÇÃO DO POLIESTIRENO EXPANDIDO (ISOPOR) POR LARVAS DE TENEBRIO MOLITOR (COLEOPTERA: TENEBRIONIDAE)

Abstract: Expanded polystyrene (EPS) is a polymer of fossil origin, considered durable, difficult to recycle and resistant to biodegradation, and can reach 150 years when disposed of in the environment. Known for its trademark, Isopor®, EPS represents 6.9% (22 million ton/year) of the world's plastic consumption. Larvae of *Tenebrio molitor* have been studied for biodegradation and mineralization of EPS. The objective of this study was to analyze the preservation of the biological characteristics of *T. molitor* larvae when used as a degrading organism for EPS, and to verify the ratio of the number of larvae necessary to biodegrade a given styrofoam mass (EPS) at a given time. Two groups of 20 (twenty) larvae will be isolated and fed exclusively, styrofoam blocks, under controlled conditions [25 ± 1 °C, $70 \pm 2\%$ humidity and photo period of 12:12 h (light/dark)]. To determine the number of larvae necessary to biodegrade a certain styrofoam mass as a function of time, a group of 20 larvae with a single source of feed will be used, which will be weighed, for the correlation of variables and multiple linear regression will be applied. The prospect of EPS biodegradation by larvae may reveal a new fate for this polymer in the environment.

Keywords: Biodegradation; Expanded polystyrene; EPS. Recycling; Reaproveitamento.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de plástico sintético derivado de petróleo no mundo é aproximadamente 322 milhões de toneladas, sendo a China o país com maior produção, cerca de 27,8% (Plastic Europe, 2016). No ano de 2014, o Brasil produziu 5,6 milhões de toneladas de resinas termoplásticas, exportou 1,1 milhões de toneladas e importou 1,8 milhões de toneladas. No mesmo ano, em relação ao poliestireno expandido o Brasil produziu 378,2 mil toneladas, exportou 18,7 mil toneladas e importou 31,4 mil toneladas (ABIQUIM, 2014).

O poliestireno expandido - EPS é um polímero de origem fóssil. Sua fabricação ocorre a partir da polimerização de estireno (derivado de petróleo) em água (GROTE & SILVEIRA, 2010). Conhecido pelo nome de sua marca registrada, Isopor®, tem a fórmula molecular $[-CH(C_6H_5)CH_2-]_n$, e representa em torno de 6,9% (22 MT/ano) do consumo total de plástico em 2015 (Plastic Europe, 2016). O EPS possui diversas aplicações no dia-a-dia, como embalagens de proteção térmica e mecânica para produtos alimentícios e tecnológicos, em aplicações médicas e na construção civil. Segundo a Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010, o isopor é classificado quanto a sua periculosidade como um resíduo não perigoso. No Art. 3º, inciso II da resolução CONAMA 307 de 05 de julho de 2002, que se refere da gestão dos resíduos da construção civil, o isopor é classificado como classe B. Outrora a norma técnica ABNT/NBR 10004/2004 classifica o isopor como um resíduo não perigoso e inerte, ou seja, II-B.

O EPS é considerado um polímero durável, porém seus produtos possuem um tempo de serviço muito curto, isso levou a crescente acumulação desses resíduos no meio ambiente. A maior parte dos resíduos de EPS é destinada com os resíduos sólidos urbanos em aterros, sendo que grande quantidade desses resíduos estão dispersos no meio ambiente e a reciclagem não é viável economicamente, já que o mesmo possui um grande volume em relação ao seu peso. Esse tipo polímero exposto no meio ambiente é preocupante, pois segundo Machado-Filho *et al.* (2014), pode levar 150 anos para se decompor.

Em 2015 Yang *et al.*, provou que as larvas da espécie *T. molitor* são capazes de biodegradar e mineralizar o poliestireno expandido, utilizando o mesmo como alimento. A degradação no corpo deste organismo é possível pela presença da bactéria intestinal *Exiguobacterium* sp.. Entretanto, ainda não existe no mercado um produto que possa ser usado para biodegradar esse tipo de polímero.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O homem desde o início dos tempos executa trabalhos de engenharia cada vez mais complexos, com o intuito de suprir suas necessidades e proporcionar conforto para si e seus dependentes. Segundo Gorni (2003), os materiais poliméricos não são novos, e o ser humano usa-o desde a antiguidade, todavia nessa época apenas eram usados materiais poliméricos naturais.

O responsável pelo início do estudo da polimerização foi E. Simon em 1839, que divulgou que monômeros de estireno haviam sido transformados em um material de maior ordenamento, sendo esse material interpretado por ele como *styrol oxide* (BISHOP, 1971 *apud* SCHILISCHTING, 2003). No início do século XX, foi provado que os materiais produzidos pela Química eram colóides e consistiam de grandes moléculas, que resultavam no encadeamento de 10.000 átomos ou mais de carbono. Assim esses produtos que apresentavam repetição de pequenas unidades estruturais, foram denominados de polímeros que provém do grego e significa muitas partes (MANO, 2000).

De acordo com a ABRAPEX (2008) o EPS foi descoberto em 1949 pelos químicos Fritz Stastny e Karl Buchholz, nos laboratórios da Basf, na Alemanha. EPS é a sigla internacional do poliestireno expandido, conforme a norma DIN ISSO – 1043/78.

O EPS é 100% reciclável, todavia possui difícil reciclabilidade e baixo interesse econômico pelas empresas em reutilizar esse material, por ser constituído de 98% de ar, 2% de matéria-prima e possuir grandes proporções de volume em relação à sua massa (DOS SANTOS *et al.*, 2013). Sendo um produto de muitas utilidades, o consumo do mesmo aumenta em diversos setores de aplicação, como na construção civil, embalagens, artigos de consumo e agricultura. Tanto o crescimento de consumo quanto a dificuldade em reciclagem, fazem com que o EPS seja disposto em aterros sanitários ou lixões sem nenhum controle, tal procedimento favorece que esse resíduo seja espalhado pela ação eólica, agravando o dano ambiental (GROTE & SILVEIRA, 2010).

Por muito tempo achou-se que o EPS era um material não biodegradável, isto é, que não se decompõe no ambiente. Porém o estudo de Yang *et al.* (2015), sugere uma solução para a problemática causada pelo isopor, visto que o mesmo se degrada em aproximadamente 150 anos no meio ambiente. Nesse estudo os pesquisadores descrevem que a larva de *T. molitor* através da bactéria *Exiguobacterium* sp., presente no intestino do organismo, biodegradam e mineralizam o EPS, transformando parte do material em dióxido de carbono (CO₂), outra parte é incorporado nos lípidios e a outra é eliminada em forma de excrementos como fragmentos decompostos.

O *Tenebrio molitor* possui características taxonômicas que os diferenciam das demais espécies de insetos. Pelo fato de pertencerem ao Filo Arthropoda, possuem pernas que são articuláveis (gr. *arthron* = articulação; *pode* = pernas), seu exoesqueleto é duro e constituído de quitina, seu corpo é formado por metâmeros, possuem simetria bilateral, apresentam heteronomia, ou seja, distinção de cabeça, tórax e abdômen, aparelho circulatório dorsal e sistema nervoso ventral. A Classe Insecta na qual está inserido é a mais conhecida entre os animais, sendo o grupo com maior número de pragas agrícolas, o *T. molitor* por sua vez é conhecido por ser a praga do trigo na agricultura. Relacionado na Ordem Coleoptera Linnaeus (1758) que provém do latim (*coleus* = caixinha ou estojo; *ptera* = asas), ou ordem dos besouros diferenciam-se pela presença de élitros, ou seja, asas endurecidas que podem variar de tamanho (entre 1 mm até 200 mm), ressalva-se que a ordem não possui registros de hematofagia. A Família Tenebriodae distingue-se por possuir coloração negra ou parda, fosca ou brilhante, de tamanhos e formas variadas, suas antenas são curtas, filiformes e serreadas, suas pernas são ambulatórias, e suas larvas são elateriformes. Destaca-se que o *T. molitor* ataca produtos secos e armazenados, como por exemplo o farelo de trigo (Gallo *et al.*, 2002).

O *T. molitor* é um inseto originário das regiões de montanha e de clima temperado do Irã e da Índia. São considerados cosmopolitas por serem encontrados em praticamente todo o mundo, sua ocorrência na natureza é rara. No Brasil o *T. molitor* é comum ser criado por criadores de aves, peixes e répteis, que os utilizam como fonte de alimento. As larvas medem cerca de 3,0 cm, já os besouros medem aproximadamente 2,5 cm de comprimento. O ciclo de vida completo ocorre entre 6 a 12 meses, variando de acordo com as condições de temperatura, umidade, nutrição e iluminação. Os estágios de

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



desenvolvimento deste inseto são: ovo, larva, pupa e besouro. A reprodução da espécie acontece de forma sexuada, os indivíduos vivem em colônias e são ovíparos, cujo o desenvolvimento embrionário ocorre dentro de um ovo. A maturidade sexual ocorre em aproximadamente 120 dias, sendo que os besouros apresentam dimorfismo sexual. Os ovos medem 1,5 mm de comprimento e seu período de incubação à 25 °C dura 15 dias. As larvas após a eclosão possuem cerca de 3,0 mm, o seu desenvolvimento acontece em cada instar até o tamanho do exoesqueleto, que após romper, permite o crescimento da larva, sucedido pela formação de um novo exoesqueleto, esse processo ocorre entre 8 a 12 vezes na fase larval e é conhecido como ecdise. As pupas não se alimentam e não se movimentam, outrora quando são tocadas realizam movimentos com o dorso ventral ou circulares com o abdômen, essa etapa dura 15 dias. A última fase do ciclo de vida da espécie *T. molitor* é o besouro, onde ocorre a fase reprodutiva, sendo que os machos vivem em média 2 meses e as fêmeas 3 meses (SCHINKLER, 2013).

O estudo pioneiro com biorremediação ocorreu em 1946, através do pesquisador Zobel, sendo que o primeiro registro de uso comercial de microrganismos biodegradantes ocorreu no final dos anos 1960, para remediar o acidente ambiental de derramamento de petróleo em Sant Bárbara na Califórnia – USA. A biorremediação é um processo onde os organismos reduzem ou transformam poluentes xenobióticos (moléculas estranhas ao ambiente natural, e.g. polímeros e resíduos plásticos), de áreas contaminadas, através de processos biológicos de degradação (MORAES; TEIXEIRA; MAXIMIANO, 2014).

Alguns microrganismos como as bactérias possuem a capacidade de utilizar substâncias orgânicas como fonte de carbono e energia, esses seres convivem e coabitam com uma imensa variedade de compostos orgânicos durante milhões de anos, o que auxiliou-os no processo de evolução, e facilitou o surgimento de enzimas capazes de transformar os componentes orgânicos por diferentes mecanismos catalíticos. As diferentes formas metabólicas dos organismos permitem a investigação do seu potencial em remediar áreas impactadas de forma negativa. A biorremediação pode ser dada em diferentes cenários, com o intuito de explorar a habilidade dos organismos em reduzir a concentração através da massa ou da toxicidade (MORAES; TEIXEIRA; MAXIMIANO, 2014).

Quanto a biodegradação de polímeros como o PET por via microbiológica, um dos precursores foi o professor Kodei Oda do Instituto Tecnológico de Kyoto, no Japão. O mesmo conseguiu que embalagens de PET, produzidas da resina tereftalato de etileno, fossem degradadas num período de oito semanas através de um grupo de bactérias e por quatro semanas por uma bactéria específica. O pesquisador articulou que a degradação microbiana é uma alternativa que pode competir economicamente com a degradação química (VASCONCELOS, 2007).

A biodegradação por sua vez pode se desenrolar através do metabolismo principal, desta forma os organismos utilizam o contaminante como fonte de carbono, nutriente e/ou energia para respiração, assim os mesmos conseguem se reproduzir. No entanto em alguns casos pode ocorrer a mineralização do contaminante, reduzindo-o aos seus componentes mais simples, como o CO₂, H₂O e sais.

Outrora o contaminante pode se transformar através do processo de cometabolismo, no qual o composto é degradado por enzimas, assim sendo necessário um substrato primário como fonte de carbono (MORAES; TEIXEIRA; MAXIMIANO, 2014).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Laboratório de Remediação Ambiental da Universidade do Vale do Itajaí (UNIVALI), em Itajaí, Santa Catarina. A criação do *T. molitor* foi iniciada com larvas provenientes de criador especializado, as mesmas foram mantidas em bandejas plásticas e alimentadas com farelo de trigo.

Dois grupos com 20 (vinte) larvas foram pesados e após separados em recipientes, cada um recebeu um bloco de isopor. Os grupos foram pesados continuamente em balança da marca Bel Engineering modelo Mark M milesimal com precisão de três casas decimais. O intervalo de pesagem de massa das larvas e do isopor foi de quatro dias, após cada pesagem fez-se a diferença entre a massa

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



de isopor anterior e a massa de isopor atual, assim como a diferença entre a massa de larvas. O experimento durou 40 (quarenta) dias.

Para determinar a massa necessária de larvas para biodegradar uma massa qualquer de isopor utilizou-se o tratamento de dados a partir do cálculo de quartis com retirada de *outliers*, a retirada destes dados discrepantes deu-se pela Equação (1) proposta por Bussab & Morettin (1987). Para verificar o padrão de frequência dos dados utilizou-se a curva de frequência, o histograma de frequência e polígono de frequência. Para o grau de relacionamento das variáveis verificou-se a Correlação *r* de Pearson e após fez-se a regressão linear. Os gráficos foram feitos no Excel módulo modulo planilha.

$$Q_3 + \frac{3}{2} d_j < \text{outlier} < Q_1 - \frac{3}{2} d_j \quad (1)$$

Sendo esta fórmula de tratamento indicada para dados normalizados e não normalizados para calcular correlação linear de Pearson – *r*, e se caso for existente conforme *r* tabelado, está atendido o pressuposto para calcular a regressão linear, que após testada com os testes de Intervalo de Confiança, Stat *t* e *p*-valor, toma-se a decisão de rejeitar ou aceitar a hipótese de nulidade, validando assim a pesquisa ou não.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com o andamento do experimento se aferiu que a massa de larvas decai significativamente, e o consumo em termos de massa do isopor é relativamente baixo. Na Tabela 1 é apresentado o consumo de isopor em gramas e mostra que a evolução das larvas em termos de massa foi negativa. As amostras de a1 até a10 são referentes ao grupo 1, já as amostras de a11 até a20 referem-se ao grupo 2.

Tabela 1 – Relação evolução massa de larvas de *T. molitor* e consumo de isopor.

Amostra	Evolução massa - evm (g)	Consumo de isopor - con (g)	Relação evolução massa/ consumo (evm g/ com g)
a1	-0,045	0,002	-22,500
a2	-0,021	0,001	-21,000
a3	-0,021	0,001	-21,000
a4	-0,013	-	-
a5	-0,022	0,003	-7,333
a6	-0,012	0,005	-2,400
a7	-0,033	0,004	-8,250
a8	-0,021	0,002	-10,500
a9	-0,011	-	-
a10	-0,016	0,002	-8,000
a11	-0,054	0,049	-1,102
a12	-0,022	0,010	-2,200
a13	-0,024	0,002	-12,000
a14	-0,019	0,005	-3,800
a15	-0,018	0,003	-6,000
a16	-0,051	0,002	-25,500
a17	-0,033	0,005	-6,600
a18	0,158	0,002	79,000
a19	-0,013	0,002	-6,500
a20	-0,066	0,003	-22,000

Fonte: O Autor (2018)

Realização



Correalização



Informações:

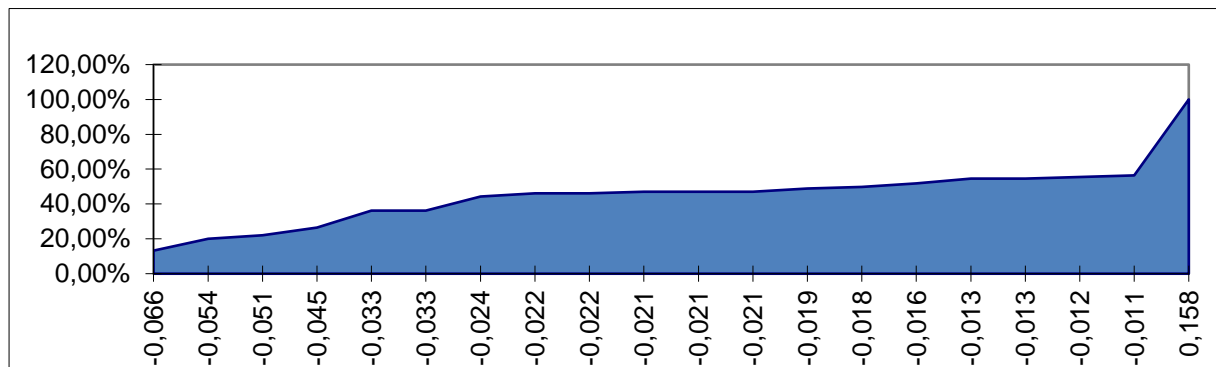
qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

Figura 2 – Histograma de frequência sem retirada de *outliers* dos dados referente a evolução massa de larvas de *T. Molitor*.



Fonte: O Autor (2018)

Figura 3 – Polígono de frequência acumulada sem retirada de *outliers* dos dados referente a evolução massa de larvas de *T. Molitor*.



Fonte: O Autor (2018)

O resultado do cálculo de outliers está ilustrado na Tabela 3, já os resultados do cálculo de quartil na Tabela 4.

Tabela 3 – Resultado do cálculo de *Outliers*.

Cálculo de Outliers	
máximo	0,011
mínimo	-0,060

Fonte: O Autor (2018)

Tabela 4 – Resultado do cálculo de Quartil.

	Cálculo do Quartil	
	sem retirada de <i>Outliers</i>	com retirada de <i>Outliers</i>
mínimo	-0,066	-0,054
quartil inferior	-0,033	-0,031
mediana	-0,021	-0,021
quartil superior	-0,015	-0,017
máximo	0,158	-0,011

Fonte: O Autor (2018)



Na Tabela 5 estão os valores do tratamento da amostragem de dados da evolução massa em gramas das larvas de *T. molitor*, com a retirada de *outliers*. Verifica-se que as amostras a20 e a18 foram retiradas devido seus valores não estarem no intervalo resultante do cálculo de *outliers*.

Tabela 5 – Tratamento dos dados de evm (g) de larvas de *T. molitor*.

Amostra	Valores sem retirada de <i>Outliers</i>	Valores com retirada de <i>Outliers</i>
a20	-0,066	
a11	-0,054	-0,054
a16	-0,051	-0,051
a1	-0,045	-0,045
a7	-0,033	-0,033
a17	-0,033	-0,033
a13	-0,024	-0,024
a5	-0,022	-0,022
a12	-0,022	-0,022
a2	-0,021	-0,021
a3	-0,021	-0,021
a8	-0,021	-0,021
a14	-0,019	-0,019
a15	-0,018	-0,018
a10	-0,016	-0,016
a4	-0,013	-0,013
a19	-0,013	-0,013
a6	-0,012	-0,012
a9	-0,011	-0,011
a18	0,158	

Fonte: O Autor (2018)

Os dados de média, desvio padrão, coeficiente de variação e variância dos dados da Tabela 5 estão dispostos na Tabela 6.

Tabela 6 – Análise Estatística dos valores com e sem retirada de *outliers*.

	Valores sem retirada de <i>outliers</i>	Valores com retirada de <i>outliers</i>
Média	-0,0179	-0,0249
Desvio-padrão	0,0431	0,0128
Coeficiente de variação	-2,4122	-0,5116
Variância	0,0019	0,0002

Fonte: O Autor (2018)

As Figuras 4, 5 e 6 mostra a curva de frequência, histograma de frequência e o polígono de frequência acumulada respectivamente dos dados já tratados. Observa-se que os dados com tratamento de *outliers* apresentam padrão simétrico e com normalização, podendo assim serem utilizados para tomada de decisão.

Realização



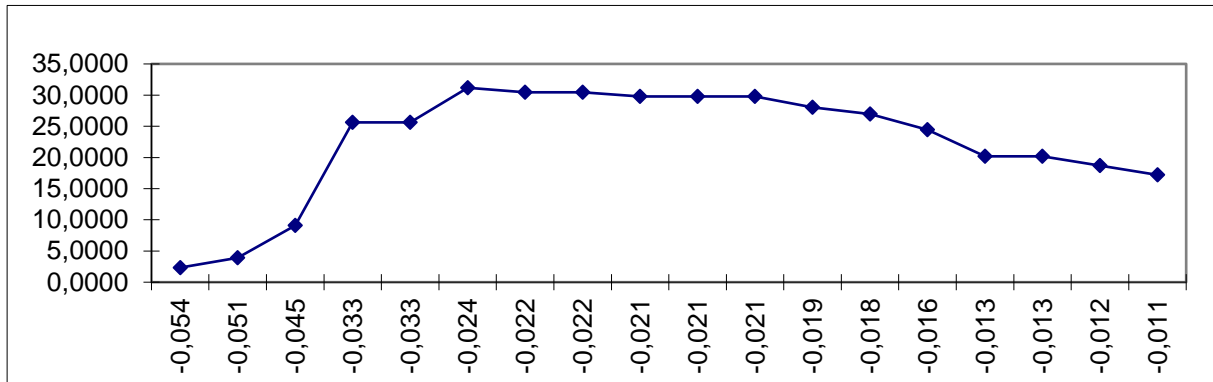
Correalização



Informações:

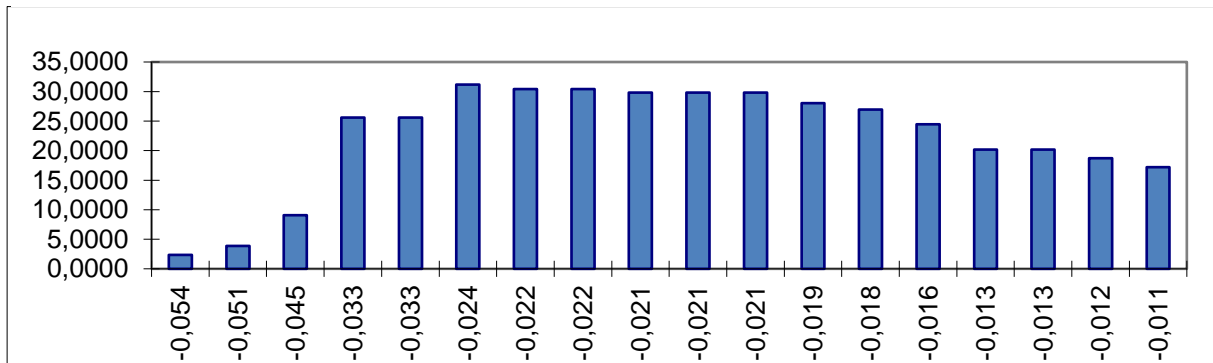
qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

Figura 4 – Curva de frequência com retirada de *outliers* dos dados referente a evolução massa de larvas de *T. Molitor*.



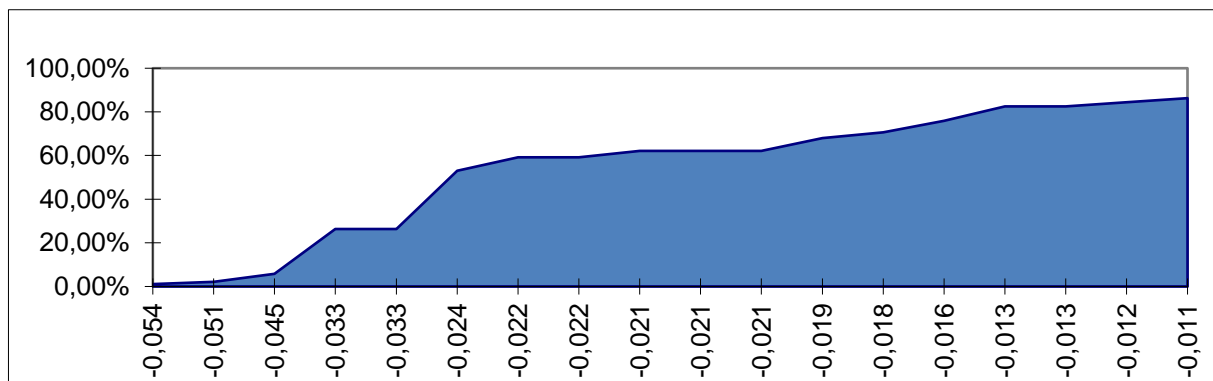
Fonte: O Autor (2018)

Figura 5 – Histograma de frequência com retirada de *outliers* dos dados referente a evolução massa de larvas de *T. Molitor*.



Fonte: O Autor (2018)

Figura 6 – Polígono de frequência acumulada com retirada de *outliers* dos dados referente a evolução massa de larvas de *T. Molitor*.



Fonte: O Autor (2018)

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



Na Tabela 7 estão os valores de frequência da amostragem com o tratamento de dados.

Tabela 7 – Frequência de distribuição média dos dados de evolução da massa em gramas de *T. molitor* quando alimentados com EPS, amostragem com retirada de *Outliers*.

Amostras ordenadas	Valores	Frequência da distribuição	Frequência acumulada
a20			
a11	-0,054	2,3399	1,14%
a16	- 0,051	3,8876	2,06%
a1	-0,045	9,0916	5,80%
a7	-0,033	25,6156	26,39%
a17	-0,033	25,6156	26,39%
a13	-0,024	31,1783	52,95%
a5	-0,022	30,4425	59,12%
a12	-0,022	30,4425	59,12%
a2	-0,021	29,8053	62,14%
a3	-0,021	29,8053	62,14%
a8	-0,021	29,8053	62,14%
a14	-0,019	28,0491	67,93%
a15	-0,018	26,9606	70,69%
a10	-0,016	24,4541	75,83%
a4	-0,013	20,1735	82,54%
a19	-0,013	20,1735	82,54%
a6	-0,012	18,6892	84,48%
a9	-0,011	17,2080	86,28%
a18			

Fonte: O Autor (2018)

Na Figura 7 está o gráfico das variáveis evolução massa em gramas e consumo de isopor. O coeficiente de correlação r de Pearson apresentado na Tabela 8, demonstrou nível de significância α ($p < 0,05$) para o valor tabelado de 0,468, indicando haver correlação entre as variáveis, já que $n = 18$.

Realização



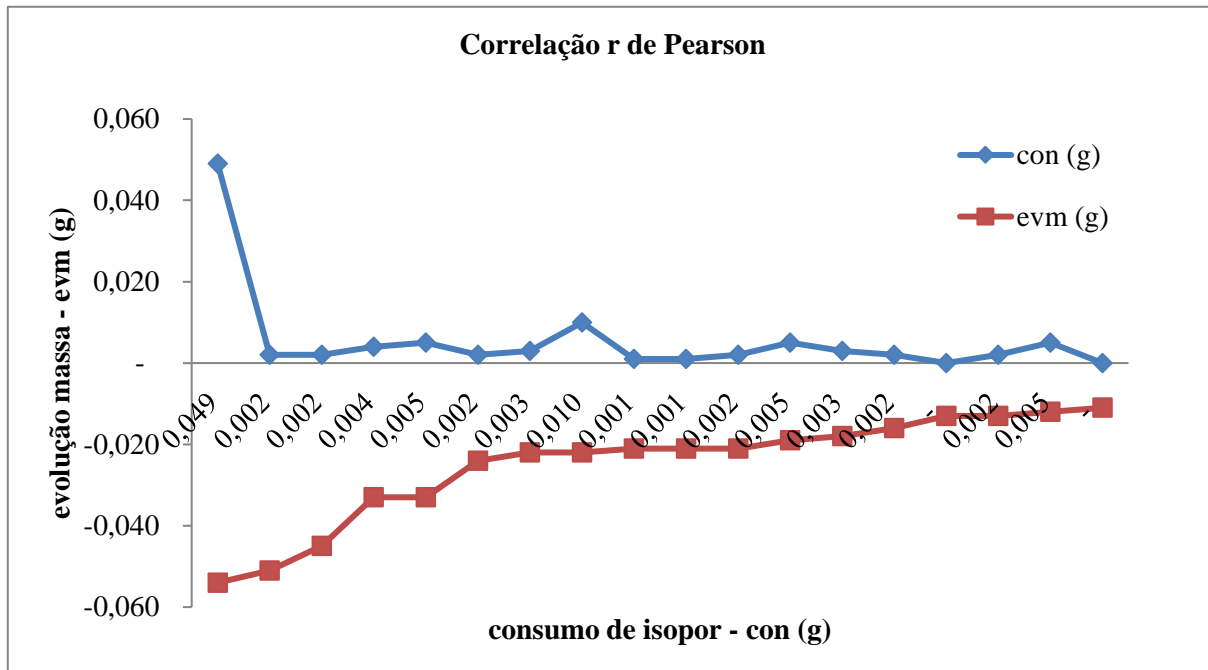
Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375

Figura 7 – Correlação r de Person para as variáveis evolução massa – evm (g) e consumo de isopor – com (g).



Fonte: O Autor (2018)

Tabela 8 – Coeficiente de Correlação r de Person para as variáveis evolução massa – evm (g) e consumo de isopor – com (g).

Coeficiente de Correlação r de Pearson	
Covariância	-0,0001
r	-0,5541
r ²	30,70%
r ² ajustado	26,37%
r ² ajustado	26,37%

Fonte: O Autor (2018)

A Figura 8 representa o gráfico de regressão linear e a Tabela 9 o resumo dos resultados da regressão. Na regressão a variável dependente é a evolução massa – evm (g) e a independente é o consumo de resíduo. A interseção que representa a evolução massa é de: -0,02138, o coeficiente angular que representa o consumo de isopor é de -0,65421, a evolução massa possui variação de -0,65421 para cada consumo de isopor. O modelo matemático representado na Equação 2, explica a evolução massa. O grau de correlação entre a evolução massa e o consumo de isopor, demonstrado através de R múltiplo

$$y = -0,65421x + -0,02138 \quad (2)$$

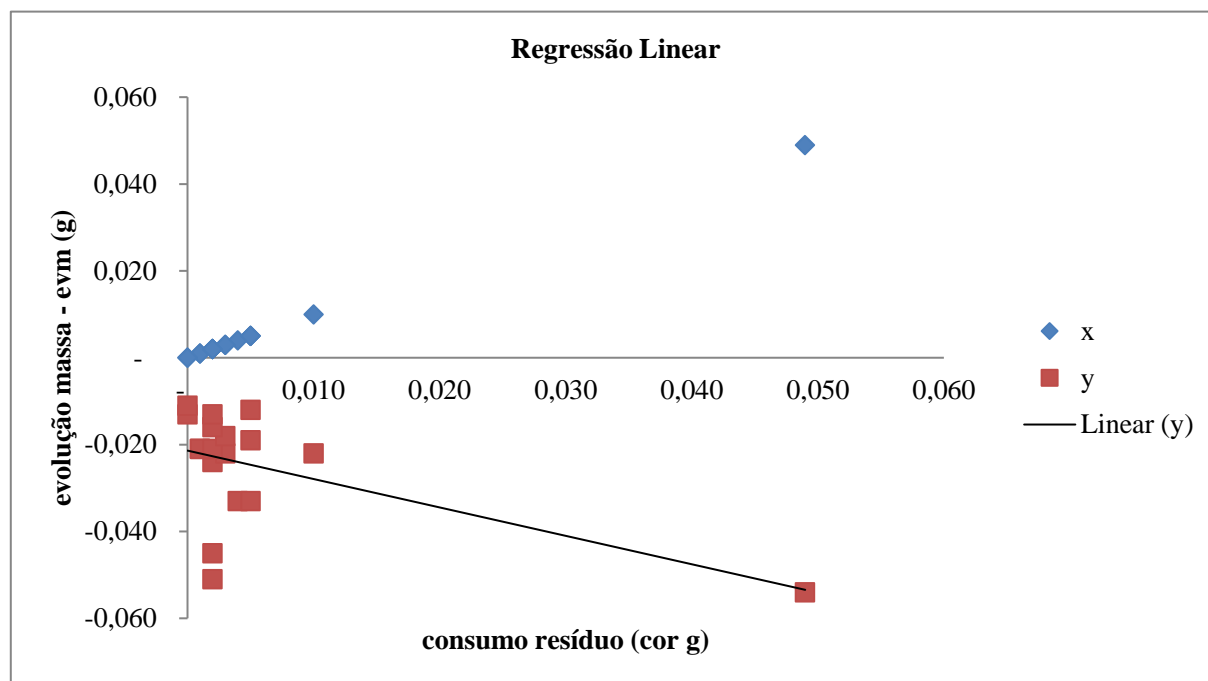
é de 55,41%. O coeficiente de determinação R-Quadrado explica que 30,70% da variação da evolução massa são explicados pela variação do consumo de isopor.

Realização

Correalização

Informações:

Figura 8 – Regressão Linear as variáveis evolução massa – evm (g) e consumo de isopor – com (g).



Fonte: O Autor (2018)

Tabela 9 – Resumo dos resultados de regressão linear para os dados da influência evm (g) de *T. molitor* com uma dieta de consumo de isopor.

Estatística de regressão	
R múltiplo	0,554085769
R-Quadrado	0,307011039
R-quadrado ajustado	0,263699229
Erro padrão	0,011266965
Observações	18

Fonte: O Autor (2018)

Para o Teste F de significância com nível de significância α ($p < 0,05$) o valor-P foi de 0,01703, logo aceita-se a hipótese alternativa que há influência do consumo de isopor na evolução massa em gramas de larvas de *T. molitor*. Para o 1º teste do modelo o Intervalo com 95% de Confiança está entre -1,1751 e -0,1333, sendo que o coeficiente angular 0,6543 está neste intervalo. O 2º teste denominado Stat-t mostrou que o coeficiente angular da amostra está entre -2,6624 de desvio padrão distante em relação ao coeficiente d população, sendo que a região de aceitação apresenta um t crítico entre -4,1281 e 4,1281. O 3º teste foi o do valor-P, que ofereceu como resposta o coeficiente angular igual a zero, todavia quando comparado com $\alpha = 0,05$ o valor-P era menor. Os três testes oferecem suporte a influência da variável consumo de isopor na evolução massa, corroborando com a Teoria Estatística que explicita que quando F de significância for menor que $\alpha = 0,05$ de significância estabelecido e aceito na ciência que engloba a pesquisa, então existe a regressão significativa aceita, que valida a estatística da pesquisa.

Realização

Correalização

Informações:



4. CONCLUSÕES

Os três testes oferecem suporte a influência da variável consumo de isopor na evolução massa, corroborando com a Teoria Estatística que explicita que quando F de significância for menor que $\alpha = 0,05$ de significância estabelecido e aceito na ciência que engloba a pesquisa, então existe a regressão significativa aceita, que valida a estatística da pesquisa.

A parte prática do trabalho está no início e os dados obtidos até o momento são preliminares. Tem-se a perspectiva de quantificar adequadamente os dados no decorrer dos próximos meses, para melhor justificativa dos dados. As análises estatísticas preliminares mostram dados que aceitam a hipótese alternativa que há influência do consumo de isopor na evolução massa em gramas de larvas de *T. molitor*. Os resultado atuais vão ao encontro da ODS 12, mais especificamente as 12.4 ("até 2020, alcançar o manejo ambientalmente saudável dos produtos químicos e todos os resíduos, ao longo de todo o ciclo de vida destes, de acordo com os marcos internacionais acordados, e reduzir significativamente a liberação destes para o ar, água e solo, para minimizar seus impactos negativos sobre a saúde humana e o meio ambiente") e 12.5 (até 2030, reduzir substancialmente a geração de resíduos por meio da prevenção, redução, reciclagem e reuso")(ONU-BR).

5. REFERÊNCIAS

ABNT/NBR 10004:2004. **Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, 2004.

ABIQUIM. Coplast – Principais resinas termoplásticas. Dados 2014. Associação Brasileira de Indústria Química, 2015.

ABRAPEX Associação Brasileira do Poliestireno Expandido. Poliestireno expandido - **EPS**. São Paulo, 2008. Disponível: <<http://www.abrapex.com.br/01OqueeEPS.html>>. Acesso em: 05 jun. 2017.

BRASIL. **Resolução CONAMA nº 307, de 5 de julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Publicado no DOU nº136, de 17/07/2002.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010**. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei nº9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Publicado no DOU de 03/08/2010.

BUSSAB, W. O.; MORETTIN, P. A.. **Estatística básica**. São Paulo, Editora Atual, 1987.

Dos Santos, C. G; Palhares, L.B.; Duarte, R. O.; Gonçalves, T. H. C.; Horta, M. M. A.; Reis, W. A.; Straelh, R. V. S. Poliestireno expandido na construção civil. **Pós em Revista do Centro Universitário Newton Paiva**, ISSN 2176-7785, nº 8, 2013.

Gallo, D.; Nakano, O.; Silveira Neto, S.; Carvalho, R. P. L.; Baptista, G. C.; Berti Filho, E.; Parra, J. R. P.; Zucchi, R. A.; Alves, S. B.; Vendramim, J. D.; Marchini, L. C.; Lopes, J. R. S; Omoto, C. Entomologia agrícola. ISBN 85-7133-011-5. Biblioteca de Ciências Agrárias Luiz de Queiroz, vol.10. FEALQ, Piracicaba: 2002.

Glaeser, D. F.; Pereira, F. F.; Vargas, E. L.; Calado, V. R. F.; Favero, K. Reprodução de *Trichospilus diatraeae* em *Diatraea saccharalis* após três gerações em *Tenebrio molitor*. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 2, p. 213-218, 2014.

Gorni, A. A. A evolução dos materiais poliméricos ao longo do tempo. **Revista Plástico Industrial**, 2003.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375



GROTE, Z. V.; SILVEIRA, J. L. Estudo energético e econômico aplicado a um processo de reciclagem de poliestireno expandido (isopor). In: **IX Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências Térmicas. ENCIT. 2002.**

Grote, Z. V.; Silveira, J. L. Análise energética e exérgica de um processo de reciclagem de poliestireno expandido (isopor). **Revista Mackenzie de Engenharia e Computação**, v. 3, n. 3, 2010.

Mano, E. B. **Polímeros como materiais de engenharia**. Edgard Blücher, 2000.

Machado-Filho, H. O.; Ferreira, A. C. M.; Soares, D. R. Replicação de fósseis de foraminifera utilizando reaproveitamento de “isopor” com alunos do IFPB-CG. **HOLOS**, v. 4, 2011.

MORAES, S.L.; Teixeira, C. E.; Maximiano, A. M. S. **Gerenciamento de áreas contaminadas**. BNDES. Governo de São Paulo. Instituto de Pesquisas Tecnológicas, São Paulo: 2014.

ONU BR. **Transformando nosso mundo: a agenda 2030 para O Desenvolvimento Sustentável – ODS**. Disponível em: <<https://nacoesunidas.org/pos2015/ods12/>>. Acesso em 09 de mar. 2018.

PEREIRA, Aline Ramalho Brandão; DE FREITAS, Diego Antônio França. Uso de micro-organismos para a biorremediação de ambientes impactados. **Electronic Journal of Management, Education and Environmental Technology (REGET)**, v. 6, n. 6, p. 995-1006, 2012.

PLASTICS – the Facts 2016: An analysis of European plastics production, demand and waste data. An analysis of European plastics production, demand and waste data. 2016. Disponível em: <http://www.plasticseurope.org/documents/document/20161014113313plastics_the_facts_2016_final_version.pdf>. Acesso em: 29 maio 2017.

Schlischtig, R. **Influência da adição de poliestireno expandido no processo de polimerização do estireno em suspensão**. Dissertação de Mestrado. Florianópolis: UFSC, 2003.

Schicler, G. **Tenebrio Comum**. Nutrinsecta. Disponível em: <<http://www.nutrinsecta.com.br/artigos/tenebrio-comum-tenebrio-molitor/>>. Acesso em 09 de mar. 2018.

Vasconcelos, Y. **Bactérias do bem: Enzimas degradam proteínas e garrafas PET e podem ter novos usos industriais**. Microbiologia, pag. 73-75. Pesquisa FAPESP, 2007.

Yang, Y.; Yang, J.; Yang, R.; Wu, W. M.; Zhao, J.; Song, Y.; Gao, L.; Jiang, L. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 1. chemical and physical characterization and isotopic tests. **Environmental science & technology**, v.49, n.20, p. 2080-12086, 2015.

Yang, Y.; Yang, J.; Yang, R.; Wu, W. M.; Zhao, J.; Song, Y.; Gao, L.; Jiang, L. Biodegradation and mineralization of polystyrene by plastic-eating mealworms: Part 2. role of gut microorganisms. **Environmental science & technology**, v. 49, n. 20, p. 12087-12093, 2015.

Realização



Correalização



Informações:

qualidadeambiental.org.br
abes-rs@abes-rs.org.br
(51) 3212.1375