

# Um método estatístico/paraconsistente de avaliação quantitativa de Grânulos Plásticos (*Pellets*) em praias

Vanildo José Assis D'Antonio<sup>1</sup>, Camilo Dias Seabra Pereira<sup>2</sup>, João Inácio da Silva Filho<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Aluno do Curso de Mestrado em Ecologia na Universidade Santa Cecília, Santos, ESP- BR.

<sup>2</sup>Professor do Curso de Mestrado em Ecologia na Universidade Santa Cecília, Santos, ESP- BR.

Objetos reconhecidos como *Pellets* são grânulos plásticos de minúsculas dimensões (<5mm) derivados do propileno. Devido à sua porosidade os *Pellets* plásticos apresentam alta capacidade de associação a contaminantes, principalmente orgânicos, atuando como uma via de transporte e exposição de poluentes para organismos marinhos. Sabe-se que, entre outras causas, o crescente aumento desse material no ambiente marinho é oriundo de atividades portuárias no seu manuseio e transporte. Neste trabalho apresentamos um método para calcular a incidência de *Pellets* nas areias das praias de Santos através de um monitoramento e análises tomando como referência um estudo estatístico quantitativo baseado em lógicas não-clássicas. Para criar métricas comparativas no estudo de incidência de *Pellets* utilizamos algoritmos originados dos fundamentos de uma lógica não-clássica capaz de tratar resultados contraditórios denominada de Lógica Paraconsistente Anotada - LPA. Os valores obtidos em forma de Graus de evidência mostram que o método estatístico/paraconsistente é válido e cria condições de uso desta técnica para análises quantitativas em outros sítios ecológicos com coletas similares às apresentadas neste trabalho.

## Palavras chave

Ecologia, medidas ecológicas, pellets, preservação ambiental.

---

## *A Paraconsistent/statistical method for quantitative evaluation of plastic granules (Pellets) in beaches*

*Objects recognized as Pellets are plastic granules of tiny dimensions (< 5mm) derivatives of propylene. Due to their porosity the plastic Pellets have a high capacity of association to contaminants, mainly organic, acting as a transport and exposure to pollutants in marine organisms. It is known that, among other causes, the growing increase of this material in the marine environment comes from port activities in their handling and transport. In this work we present a method to calculate the incidence of pellets in the sands of the Santos city beaches through a monitoring and analysis with reference to a statistical study quantitative based on non-classic logical. To create metrics in comparative study of the incidence of Pellets we use algorithms originated from the foundations of a non-classical logic capable of dealing with contradictory results called of Paraconsistent Annotated Logic - PAL. The values obtained in the degrees of evidence format show that the Paraconsistent/statistical method is valid and creates the conditions of use of this technique for quantitative analyzes in other ecological sites with collections similar to those presented in this work.*

## Keywords

*Ecology, ecological measures, pellets, environmental preservation.*

---

## Introdução

O aumento da poluição das praias e ambientes costeiros por materiais reticulados de diversas espécies tem sido motivo de crescente preocupação em âmbito mundial. Verifica-se que existe um fator agravante para este problema em cidades como Santos – SP, que se destaca pelas intensas atividades portuárias e industriais, e que vem em ritmo de crescimento no Brasil [D’Antonio, V. J. A. et al, 2012].

A coleta de lixo nas praias, mesmo sendo efetuada diariamente, é, por motivos técnicos, incapaz do recolhimento de pequenas partículas que se encontram misturadas a areia. Esse material indetectável pelos meios de recolhimento de lixo convencional se compõe de tipos de resíduos de pequenas dimensões, e é denominado de microlixo. Entre os materiais reconhecidos como microlixo, o que vem apresentando maiores danos a fauna marinha são grânulos plásticos de pequenas dimensões reconhecidos como *Pellets*.

### **Os *Pellets***

Objetos reconhecidos como *Pellets* são grânulos plásticos derivados do propileno de minúsculas dimensões (<5mm). Devido à sua porosidade os *Pellets* plásticos apresentam alta capacidade de associação a contaminantes, principalmente orgânicos, atuando como uma via de transporte e exposição de poluentes para organismos marinhos [Andrady, A.L.2011]. A ocorrência deste material nas praias e nos ecossistemas costeiros se torna a cada dia mais problemático, pois, além de contaminação por bactérias, estes resíduos são ingeridos por animais marinhos e pássaros levando-os a contrair doenças que os levam a morte. Sabe-se que, entre outras causas, o crescente aumento de *Pellets* plásticos no ambiente marinho é oriundo de atividades portuárias e industriais que vem em ritmo de crescimento no Brasil, principalmente na cidade de Santos-SP.

Com este estudo procura-se investigar através de algoritmos baseados em Lógica Paraconsistente Anotada (LPA) [Da Silva Filho, 2012] o grau de degradação das areias de uma praia da cidade de Santos.

### **Lógica Paraconsistente Anotada (LPA)**

A Lógica Paraconsistente Anotada - LPA pertence às famílias das lógicas não-clássicas e tem como principal propriedade a capacidade de tratar sinais de informação contraditórios. Conforme pode ser visto em [Da Silva Filho, 2012], com base nos fundamentos da LPA podem-se elaborar interpretações em um Reticulado associado no qual se obtém equações paraconsistentes.

Em [Damin, O.C.B. e Da Silva Filho, J. I., 2012] através destas interpretações foi elaborado um algoritmo capaz de tratar valores de amostras coletados em sítios ecológicos dedicados à determinada espécie de interesse utilizando técnicas que une processos estatísticos e as equações paraconsistentes. O algoritmo originado da união da estatística com a LPA é denominado de “Paraconsistente/Estatístico Descritivo” e inicialmente transforma a densidade de frequência de *Pellets* coletados em graus de evidência estabelecidos em um valor normalizado no intervalo fechado entre 0 e 1 pertencente ao conjunto dos números reais. Depois desta primeira ação o Algoritmo utiliza as equações paraconsistentes e faz o tratamento lógico dos valores transformados em forma de Graus de evidência.

Ao final da análise é oferecido como resultado um Grau de Evidencia resultante que representa um valor quantitativo correspondente a proposição analisada.

### **Materiais e Métodos**

O foco principal da análise é pela investigação da presença de *Pellets* encontrados entre os materiais que compõem o microlixo na areia da praia de Santos.

No processo de coleta de dados efetuado em campo foi utilizado o método por amostragem sistemática. Seguindo estes procedimentos foram feitas 60 coletas de amostras em 2 locais diferentes, equidistantes de 500 metros na praia do Boqueirão na cidade de Santos-SP no Brasil. São eles: **Local 1** - Próximo ao Canal 3.

Neste sítio ecológico foram separados três quadrantes, ou setores escolhidos de forma perpendiculares nas areias da praia de mais ou menos 10m cada. Cada setor foi nomeado como: Q1a – Seco Q2a - Semi-úmido Q3a - Úmido.

#### **Local 2** - Entre o Canal 3 e Canal 4

Da mesma forma, neste segundo sítio ecológico foram separados três quadrantes, ou setores, perpendiculares as areias da praia, nomeados como:

Q1b – Seco Q2b - Semi-úmido Q3b - Úmido.

O ponto de coleta foi fixado de forma a se distanciarem um dos outros por 5 metros na sua altura e de 3 metros na sua largura. Delimitou-se um quadrante de 30cmx30cmx10cm demarcado na areia com barbante ou régua. Retirou-se toda a areia do quadrante e com a utilização de uma pá, passamos a areia por uma peneira, no caso da areia estar úmida foi necessário jogar água. Observou-se atentamente o material encontrado na peneira, e os pellets coletados foram separados, contados e arquivados. Este procedimento foi cumprido em cada uma das amostras. Após a finalização das 60 coletas, realizou-se a transcrição dos resultados obtidos em tabelas.

O trabalho de campo desenvolveu-se através de alunos, orientados por docentes, do curso de Graduação em Biologia da UNISANTA. Foram obtidos dados, que através da aplicação da LPA2v transformaram-se em tabelas e resultados, que nortearam este nosso estudo.

### **Método de Tratamento dos Dados**

Neste caso investigativo o objetivo é encontrar métricas baseadas em Lógica Paraconsistente LPA, as quais servirão de valores comparativos no futuro, ou em outras coletas desenvolvidas em locais diferentes. Portanto, para calcular a incidência de *Pellets* nas areias das praias de Santos foi feito um estudo tomando como referencia análises quantitativas baseadas em lógicas não-clássicas conhecidas como Paraconsistentes. O algoritmo utilizado foi o Paraconsistente/Estatístico Descritivo que inicia transformando a densidade de frequência em Graus de Evidência de valores normalizados.

### **Resultados**

Os valores das densidades de frequência de *Pellets* nas areias dos locais de coleta foram transformados em Graus de evidência seguindo os procedimentos para a análise algorítmica, baseadas em Lógica Paraconsistente Anotada-LPA, conforme descrito em Da Silva Filho, J. I. et al, [2012].

A proposição analisada foi: *P: Existe incidência de Pellets na Praia.*

Os *Pellets* de polipropileno com forma oval ou esférica, translúcido e minúsculo de 1 a 5 mm de diâmetro foram encontrados nas areias nos diferentes setores.

Nas tabelas 1a e 1b estão indicadas as quantidades de *Pellets* encontrada em cada sítio ecológico bem como em cada um dos três setores em que foram efetuadas as coletas.

Para este estudo verificou-se que a maior incidência de *Pellets* em cada um dos setores foi no setor Q2b onde foram coletadas 278 unidades. A partir deste valor máximo encontrado foram calculados os Graus de Evidência para cada uma das 10 coletas desenvolvidas nos setores, fazendo:

$$\mu_{xn} = \frac{X_{unidades}}{278}.$$

Valores dos Graus de Evidência obtidos também estão dispostos nas tabelas 1a e 1b abaixo.

**Tabela 1a:** Representa a quantidade de *Pellets* e os respectivos Graus de Evidência obtidos.

| Próxima ao canal 3 | Parte seca    |                             | Parte semi-úmida |                             | Parte úmida   |                             |
|--------------------|---------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|
|                    | Nº de pellets | Grau de Evidência ( $\mu$ ) | Nº de pellets    | Grau de Evidência ( $\mu$ ) | Nº de pellets | Grau de Evidência ( $\mu$ ) |
|                    |               | ( $\mu_i = n^\circ/278$ )   |                  | ( $\mu_i = n^\circ/278$ )   |               | ( $\mu_i = n^\circ/278$ )   |
| $\mu_1$            | 14            | 0,050359712                 | 106              | 0,381294964                 | 18            | 0,064748201                 |
| $\mu_2$            | 25            | 0,089928057                 | 89               | 0,320143884                 | 11            | 0,039568345                 |
| $\mu_3$            | 25            | 0,089928057                 | 100              | 0,359712230                 | 15            | 0,053956834                 |
| $\mu_4$            | 19            | 0,068345323                 | 233              | 0,838129496                 | 12            | 0,043165467                 |
| $\mu_5$            | 27            | 0,097122302                 | 278              | 1,000000000                 | 7             | 0,025179856                 |
| $\mu_6$            | 18            | 0,064748201                 | 120              | 0,431654676                 | 9             | 0,032374100                 |
| $\mu_7$            | 25            | 0,089928057                 | 129              | 0,464028776                 | 16            | 0,057553956                 |
| $\mu_8$            | 17            | 0,061151079                 | 137              | 0,492805755                 | 14            | 0,050359712                 |
| $\mu_9$            | 29            | 0,104316546                 | 147              | 0,528776978                 | 12            | 0,043165467                 |
| $\mu_{10}$         | 37            | 0,133093525                 | 134              | 0,482014388                 | 18            | 0,064748201                 |

**Tabela 1b:** Representa a quantidade de *Pellets* e os respectivos Graus de Evidência obtidos.

| Entre o canal 3 e o canal 4 | Parte seca    |                             | Parte semi-úmida |                             | Parte úmida   |                             |
|-----------------------------|---------------|-----------------------------|------------------|-----------------------------|---------------|-----------------------------|
|                             | Nº de pellets | Grau de Evidência ( $\mu$ ) | Nº de pellets    | Grau de Evidência ( $\mu$ ) | Nº de pellets | Grau de Evidência ( $\mu$ ) |
|                             |               | ( $\mu_i = n^\circ/278$ )   |                  | ( $\mu_i = n^\circ/278$ )   |               | ( $\mu_i = n^\circ/278$ )   |
| $\mu_1$                     | 44            | 0,158273381                 | 40               | 0,143884892                 | 6             | 0,021582733                 |
| $\mu_2$                     | 44            | 0,158273381                 | 80               | 0,287769784                 | 7             | 0,025179856                 |
| $\mu_3$                     | 48            | 0,172661870                 | 63               | 0,226618705                 | 6             | 0,021582733                 |
| $\mu_4$                     | 67            | 0,241007194                 | 86               | 0,309352517                 | 10            | 0,035971223                 |
| $\mu_5$                     | 23            | 0,082733812                 | 131              | 0,471223021                 | 9             | 0,032374100                 |
| $\mu_6$                     | 30            | 0,107913669                 | 114              | 0,410071942                 | 10            | 0,035971223                 |
| $\mu_7$                     | 19            | 0,068345323                 | 147              | 0,528776978                 | 8             | 0,028776978                 |
| $\mu_8$                     | 15            | 0,053956834                 | 60               | 0,215827338                 | 10            | 0,035971223                 |
| $\mu_9$                     | 14            | 0,050359712                 | 56               | 0,201438848                 | 9             | 0,032374100                 |
| $\mu_{10}$                  | 12            | 0,043165467                 | 39               | 0,140287769                 | 11            | 0,039568345                 |

Os valores dos Graus de Evidência resultantes obtidos em cada um dos setores nos dois locais diferentes estão dispostos na tabela 2 abaixo.

**Tabela 2:** Resultados dos Graus de Evidência Resultante ( $\mu_R$ ) de cada trecho de cada sítio.

| Próxima ao canal 3 | Parte seca  | Parte semi-úmida | Parte úmida |
|--------------------|-------------|------------------|-------------|
| $\mu_R$            | 0,123767930 | 0,483194766      | 0,069847060 |

  

| Entre o canal 3 e o canal 4 | Parte seca  | Parte semi-úmida | Parte úmida |
|-----------------------------|-------------|------------------|-------------|
| $\mu_R$                     | 0,087341396 | 0,305129888      | 0,031781649 |

## Discussão

A coleta de *Pellets* nas areias da Praia de Santos mostrou uma maior quantidade em determinados locais, principalmente no setor denominado semi-úmido do local 1 que se localiza na região próxima do canal 3. Essa alta incidência de *Pellets* é identificada através dos maiores valores de Graus de Evidência obtidos através da análise paraconsistente mostrados na tabela 2. Estes resultados mostram que há uma alta incidência deste tipo de resíduos presentes na areia. Os altos Graus de Evidência da presença de *Pellets* de polipropileno encontrados nas proximidades do Canal 3 podem indicar que estes materiais

poluidores são oriundos das constantes limpezas de tanques de lastro de navios. No entanto, novas investigações e análises deverão ser feitas para confirmar essa afirmação de maneira conclusiva.

## Conclusão

Considerando que resultados de coletas sempre se mostram imprecisos em análises estatísticas deste tipo, no qual a fonte dos dados é a contagem de *Pellets*, utilizamos algoritmos originados dos fundamentos de uma lógica não-clássica capaz de tratar resultados contraditórios denominada de Lógica Paraconsistente Anotada - LPA. Os resultados mostram que é possível, através o método estatístico/paraconsistente, criar um padrão de evidência no qual capacitará futuros estudos comparativos de incidência de *Pellets* nas praias utilizando na análise a técnica fundamentada em LPA. Este trabalho, sendo pioneiro na aplicação de lógicas não clássicas para análise de nível de poluição dessa natureza, abre caminhos para pesquisas futuras. Assim, novas coletas de *Pellets* em determinados locais específicos das Praias de Santos deverão ser efetuadas, e, através destes dados, que receberão um tratamento por meio de análise quantitativa fundamentada em LPA, serão obtidos valores que servirão de métricas para investigar fontes de poluição das areias. Verifica-se que neste trabalho as análises quantitativas mostram resultados claros e de fácil visualização e proporcionam caminhos para tomadas de decisão com as possíveis respostas para as questões que envolvem a relação entre o desenvolvimento e conservação/preservação dos sistemas ecológicos. Neste trabalho fica demonstrado que LPA, através de seus algoritmos de análises, pode vir a ser uma das principais ferramentas computacionais capaz de buscar e desenvolver técnicas de capacitação e análise quantitativa, oferecendo novos métodos que facilitarão o processo de tomada de decisão sobre a gravidade dos problemas ambientais.

## Referências

- Andrady, A.L. 2011. Microplastics in the marine environment. *Marine Pollution Bulletin* 62 (2011) 1596–1605. doi:10.1016/j.marpolbul.2011.05.030. Downloaded from [www.elsevier.com/locate/marpolbul](http://www.elsevier.com/locate/marpolbul) on April 24, 2012
- Da Silva Filho, J. I. et al, - Estatística Descritiva Paraconsistente Aplicada ao Estudo de Poluição de Resíduos Sólidos em Ambiente Costeiro Marinho - Revista Seleção Documental do GLPA N.26 Ano 7 Julho/Agosto./Setembro, ISSN 1809-0648 pp(03-12) Ed. Paralogike - Santos-SP Brasil, 2012
- D' Antonio, V. J. A. ; Da Silva Filho, J. I. ; Barrella, W. ; Pereira, C. D. S. . Análise Ecológica-Quantitativa do Microlixo de uma Praia de Santos (SP): Uma Presença Indesejável e Imperceptível nas Areias das Praias. *Revista Ceciliansa*, v. 4, p. 15-23, 2012.
- Damin, O.C.B. e Da Silva Filho, J. I., Utilização da Distribuição de Frequência Estatística Associada à Lógica Paraconsistente Anotada de 2 valores: o Modelo de dois Peritos em Vistorias de Engenharia - Revista Seleção Documental do GLPA N.26 Ano 7, ISSN 1809-0648 pp(13-20) Ed. Paralogike - Santos-SP Brasil, 2012
- Barbieri, E. Occurrence of Plastic Particles in Procellariiforms, South of São Paulo State (Brazil). *Brazilian Archives of Biology and Technology* vol.52 no.2 Curitiba Mar./Apr. 2009
- Santos, I. R.; Friedrich, A. C. & Ivar Do Sul, J. A. Marine debris contamination along undeveloped tropical beaches from northeast Brazil *Environ Monit Assess.* 148:455–462 Volume 148, Numbers 1-4 / Januar 2009, Pages 455-462. 2009.
- Da Silva Filho, J.I, et al.. An Expert System Structured in Paraconsistent Annotated Logic for Analysis and Monitoring of the Level of Sea Water Pollutants, in: *Expert Systems for*

Human, Materials and Automation, Petrică Vizureanu (Ed.), ISBN 978-953-307-334-7, InTech, October, 392 p. 2011.