



## BIOSSÓLIDO DE ESGOTO UMA FÓRMULA ALTERNATIVA

DOI: <http://dx.doi.org/10.55449/conresol.7.24.XII-008>

Grasiele da Silva Gouveia, Gustavo Mazzini, Gabriel Korelo, Maria Magdalena Ribas Doll,  
Universidade Estadual de Ponta Grossa, Engenharia Civil e [gouveiagrasielle@gmail.com](mailto:gouveiagrasielle@gmail.com)

### RESUMO

O biossólido é um material rico em nutrientes, neste sentido é utilizado na agricultura como fertilizante, sua forma original, que é em pó, é pouco atrativa devido deriva do material, que causa dispersão e pode ser um agravante na contaminação ambiental. Dada a circunstância, o trabalho utilizou aglutinantes biodegradáveis e sulfato de cálcio em pó, como materiais de aprimoramento de um produto granulado, visando possibilitar uma aplicação mecanizada e segura na agricultura, além de ser uma alternativa de gerenciamento sustentável. Como resultados destacaram-se seis formulações que foram otimizadas e adotadas para análises, tais formulações possuem diferentes proporções de materiais aglutinantes e de sulfato de cálcio em pó. Dos experimentos realizados, houve a investigação da influência de grânulos em amostras de solo através de ensaios de biodegradação. Os resultados revelaram a ausência de diferenças estatisticamente significativas entre os tratamentos e o grupo de controle. Foi constatado que a desintegração dos grânulos foi mais rápida em tratamentos composto (sulfato de cálcio em pó e aglutinante) quando havia maior quantidade de sulfato de cálcio em pó e menor de aglutinante orgânico. O ensaio de resistência a compressão dos grânulos detinha como padrão o valor de resistência de 1,5 kgf ou superior para evitar desagregação do produto durante o transporte e manuseio. Este valor foi alcançado em determinados tratamentos. Os grânulos pré-selecionados foram testados e apresentaram boas características frente aos testes gerando uma grande tendência comercial.

**PALAVRAS-CHAVE:** Lodo de esgoto, fertilizante agrícola, saneamento e tratamento de esgoto.

### ABSTRACT

Biosolid is considered a material rich in nutrients, in this regard it is used in agriculture as a fertilizer, its original form, which is in powder form, is unattractive due to the drift of the material, which causes dispersion and can be an aggravating factor in environmental contamination. Given the circumstances, the research used biodegradable binders and calcium sulfate powder, as materials to improve a granulated product, aiming to enable a mechanized and safe application in agriculture, in addition to being a sustainable management alternative. As results, six formulations stood out that were optimized and adopted for analysis. These formulations have different proportions of binder and plaster materials. Of the experiments carried out, the influence of granules on soil samples was investigated through biodegradation tests. The results revealed the absence of statistically significant differences between the treatments and the control group. It was found that the disintegration of the granules was faster in composite treatments (calcium sulfate powder and binder) when there was a greater amount of calcium sulfate powder and less organic binder. The compression resistance test of the granules had a resistance value of 1.5 kgf or higher as a standard, to avoid disintegration of the product, this result was obtained with certain treatments. The pre-selected granules were tested and showed good characteristics compared to the tests, providing promising commercial viability.

**KEY WORDS:** Sewage sludge, agricultural fertilizer, sanitation e sewage treatment.



## INTRODUÇÃO

O biossólido de esgoto é um resíduo decorrente do tratamento realizado nas estações de tratamento de esgoto (ETE), este material quando manuseado de maneira incorreta pode acarretar em problemas ambientais (RULKENS, 2008). Dentre as diversas alternativas do gerenciamento dos resíduos sólidos do biossólido, o descarte em aterros sanitários é uma das opções, além da conversão em energia por uso da biomassa (BORGES, 2008).

O termo biossólido é usado no lugar de biossólido de esgoto, depois que o material passa pelo processo de caleação que é a indução de uma reação exotérmica através do uso de óxido de cálcio (FONSECA, 2015) ainda na ETE, tal processo é responsável por destruir microrganismos patogênicos ainda presente no biossólido.

Devido à grande produção do biossólido, é necessária uma alternativa mais sustentável economicamente, e a reciclagem através da agricultura é uma opção promissora, visto que o biossólido possui características físico-químicas que o tornam um bom regularizador de solo, contribuindo na atividade biológica do solo, além de poder ser utilizado como fertilizante orgânico (MORAES, 2017).

O biossólido *in natura*, possui forma de origem em pó, o que aumenta a dispersão quando aplicado na lavoura, outra condição que limita a aplicação do material como fertilizante agrícola, é a deriva do material que em contato direto com o operador, poderá provocar problemas de saúde no futuro.

O biossólido já é utilizado como matéria prima para fertilizantes agrícolas, devido seu elevado potencial agrônomo, sendo rico em matéria orgânica e nutrientes como nitrogênio e fósforo (ZOMER, 2018). Entretanto há preocupações com a disseminação de elementos indesejáveis e micronutrientes em doses excessivas que podem propiciar problemas de toxicidade para as próprias plantas (AMARAL, 1994).

Utilizar a pelotização do biossólido é uma alternativa para reduzir o acúmulo de metais pesados nas plantas, que é decorrente devido ao menor contato entre o produto e as partículas do solo, resultando em uma degradação microbiológica mais lenta (BERTON et al., 1997), outro impacto é a concentração de nutrientes em lugares específicos e estratégicos.

Na produção de grânulos o sulfato de cálcio em pó foi aplicado devido o mesmo ser um ótimo condicionador de solo, sendo o sulfato de cálcio em pó de construção civil e par fins agrícola, materiais com propriedades semelhantes, podendo ser neutralizador de parte do alumínio tóxico, além de benefícios para a cultura de plantas como: favorecer o desenvolvimento vigoroso, formação das sementes, aumento da resistência ao frio e aos períodos de seca (CORTELETTI, 2022).

A produção de grânulos a partir da combinação de aglutinantes orgânicos, biossólido de ETE e sulfato de cálcio em pó apresenta potencial econômico, ambiental e inovador na indústria de saneamento básico. A literatura possui variedades de materiais da adubação com biossólido de esgoto, entretanto limitada à informação sobre o efeito do biossólido de esgoto granulado.

## OBJETIVOS

O objetivo desta pesquisa é a utilização de aglutinantes de origem orgânica, para engendrar por meio de formulações e combinações dos diferentes materiais, um produto ecológico e de aplicação mais segura a partir do bio sólido.

Além de realizar e acompanhar, com avaliações dos parâmetros físicos, químicos e biológicos do solo, quando aplicado o grânulo e realizar testes físicos e mecânicos no grânulo para verificar a compatibilidade do bio sólido granulado com a finalidade de fertilizante granulado.

## METODOLOGIA

### Preparo granulométrico do bio sólido

O bio sólido utilizado para a realização da pesquisa foi ETE do próprio município, gerenciada pela Companhia de Saneamento do Paraná. A Unidade de Gerenciamento de bio sólido (UGL), é responsável por realizar ensaios com o bio sólido, visando atestar que o material respeita os parâmetros patogênicos e agrícolas da norma, sendo seguro para o solo e para o profissional aplicador do material.

No laboratório foi realizado o ensaio de granulometria, com o bio sólido *in natura* e macerado, utilizando como referência a NBR 7181 (ABNT, 2016) que é aplicada em ensaios de caracterização de solo. Este ensaio possibilitou a criação da curva granulométrica, que foi essencial para determinar a granulometria padronizada nas formulações. Diferentes aglutinantes de origem orgânica foram avaliados para elaborar formulações que pudessem aglutinar com o bio sólido. Além dos aglutinantes utilizados sozinhos, foram desenvolvidas composições desses materiais com sulfato de cálcio em pó e coagulantes vegetais.

### Procedimento Experimental

A massa orgânica foi realizada com o auxílio de um bico de Bunsen e béquer, para tal foram adicionadas quantidades de materiais controladas de bio sólido, aglutinante e água. A moldagem foi realizada de forma manual. Inicialmente foram caracterizadas diferentes formulações com os aglutinantes pré-determinados, sem otimização de aglutinante e nem de água, mas foram padronizados a quantidade de 5g de bio sólido.

A caracterização da massa, foi realizada através de dois equipamentos diferentes: o primeiro utilizava o micro-ondas e o segundo o bico de Bunsen. Foi adotado como padrão a utilização do bico de Bunsen, pela facilidade no processo, além do maior controle de temperatura da massa. Na Figura 1 está um exemplo de uma modelagem de uma formulação com materiais genéricos, com as duas fases de padronização grânulos.



**Figura 1: Modelagem de formulação genérica em fase de secagem, grânulos irregulares e grânulos regulares**  
Fonte: Autores do Trabalho

### Ensaio prévios e promissores

Foram realizadas diferentes formulações com os materiais disponíveis, as formulações iniciais não tiveram restrições quanto a quantidade de água utilizada e nem de aglutinantes por se tratar de ensaios prévios, além de que o bio sólido possui uma alta umidade.



Para cada formulação realizada, houve o procedimento de modelagem em formato de grânulo, o material foi armazenado num ambiente fresco e arejado, disposto em cima de um papel guardanapo para período de secagem, para posteriormente realizar análises tátil-visual.

Os ensaios prévios foram assim denominados por se tratar de formulações sem otimização de materiais. Buscando uma diminuição de custos e melhora no aspecto de moldagem, foram ensaiadas diferentes composições com os materiais já mencionados, além da utilização do sulfato de cálcio em pó que dentre suas funções atua como regularizador de solo.

Examinando as diferentes formulações foi realizado um ranking das formulações promissoras baseado na dificuldade da moldagem, liberação de água, quantidade de material utilizada, aparecimento de trincas na secagem, etc. Por meio deste ranking foi possível definir as melhores fórmulas, que apresentaram melhor aglutinação em menor custo, que foram denominadas de ensaios promissores.

### **Ensaio de resistência à compressão**

A realização do teste de resistência à compressão foi aferida através de um equipamento mecânico especializado para tal finalidade, o modelo Shimadzu Load Cell SPL -10KN, para o ensaio foram utilizados corpos de prova que foram submetidos a moldagem com dimensões padronizadas de (4 x 4 mm). O software do equipamento gerou uma tabela com dados de tensão e deformação, com esses dados foram analisados a média e o desvio padrão de cada corpo de prova.

### **Análise de biodegradabilidade**

Para análise de biodegradabilidade foi utilizado a metodologia desenvolvida por CASTRO (2023), foi utilizada uma placa de Petri contendo solo, como tratamento de controle. A placa foi preparada e armazenada sob as mesmas condições do ensaio, que foi realizado em triplicata. Essas placas foram mantidas em uma incubadora a uma temperatura de  $25 \pm 5$  °C durante um período de 52 dias.

### **Análise de desintegração dos grânulos**

A metodologia utilizada foi adaptada de NIKIEMA (2013). As formulações foram realizadas em triplicata, para tal foram moldados 13 grânulos (cerca de 2,5 g), que foram armazenados em um béquer com 50 mL de água destilada, a proporção foi de 1 grânulo para cada 4 mL de água.

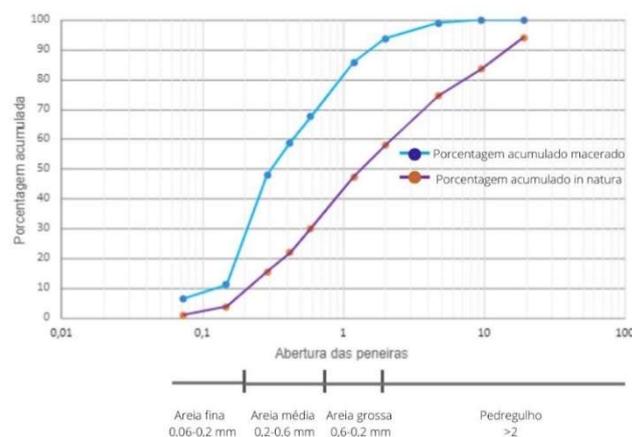
Os recipientes foram vedados utilizando filme plástico para minimizar a perda de água e envoltos em folha de alumínio para assegurar a ausência de luz. Posteriormente, foram armazenados para analisar o tempo necessário de desintegração do grânulo.

## RESULTADOS e CONCLUSÕES

### Processo granulométrico

Através do ensaio de curva granulométrica do lodo natural, e macerado, foi analisado o coeficiente de uniformidade (Cu), que determina que quanto maior o coeficiente de uniformidade do solo, mais irregular é o solo. De acordo com a NBR 7181 (ABNT, 2016), um solo muito homogêneo possui valor de Cu menor que 5, quando o valor de Cu do solo está na faixa de 5-15, caracteriza-se como um solo medianamente homogêneo, quando o valor de excede 15, é um solo de solo desuniforme.

O material produzido a partir de lodo natural possui coeficiente de uniformidade de 2,75, valor característico de um solo muito homogêneo. O lodo macerado resultou em um material com coeficiente de uniformidade de 10, valor derivado de um solo de uniformidade média. Na Figura 2, está há curva granulométrica de cada material ensaiada.



**Figura 2: Curva granulométrica de biossólido *in natura* e biossólido macerado**  
Fonte: Autores do Trabalho

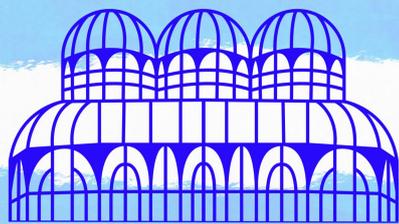
Através da construção da curva granulométrica foi possível determinar as porcentagens retidas em cada peneira, com isso possibilitando a escolha da granulometria adotada para realização de ensaio. A granulometria adotada foi a parcela retida da peneira 0,59 mm, devido ao índice de finos não ser tão elevados, esta granulometria também acaba evitando grãos maiores, que dificultam a moldagem.

### Ensaio promissores

A realização de ensaios preliminares, o ranking e os ensaios prévios de otimização da quantidade aglutinante possibilitaram a seleção de seis formulações ou ensaios promissores. Na Tabela 1 estão as formulações promissoras que foram adotadas para realização dos ensaios.

**Tabela 1: Formulações que apresentaram melhor avaliação nos parâmetros analisados e foram denominadas de ensaios promissores**  
Fonte: Os autores (2023)

Tratamento	Aglutinantes	Biossólido (g)	Aglutinante orgânico (g)	Sulfato de Cálcio (g)	Água (mL)	Temperatura (°C)
1	Aglutinante 1 + sulfato de cálcio	5,0	0,2	0,8	3,0	70
2	Aglutinante 1 + sulfato de cálcio	5,0	0,3	0,7	2,5	74
3	Aglutinante 2 + sulfato de cálcio	5,0	0,2	0,8	3,0	81
4	Aglutinante 2 + sulfato de cálcio	5,0	0,3	0,7	3,0	89
5	Aglutinante 3	5,0	2,0	0,0	2,5	52
6	Aglutinante 4	5,0	1,0	0,0	2,5	54



### Ensaio de resistência à compressão

Dados da literatura indicam que a resistência à compressão de grânulos deve ser entre 1,5 a 2,3 kgf, para que o material não desintegre durante o manuseio (RODELLA; ALCARDE, 2000). As formulações adotadas atingiram resistência mínima de 1,5 kgf, os valores obtidos por cada formulação estão na Tabela 2.

**Tabela 2: Formulações de ensaios com suas características de resistência e desvio padrão ( )**

**Fonte: Os autores (2023)**

Tratamento	Aglutinantes	Biossólido (g)	Aglutinante orgânico (g)	Sulfato de Cálcio (g)	Água (mL)	Resistência média (kgf)	$\sigma$
1	Aglutinante 1 + sulfato de cálcio em pó	5,0	0,2	0,8	3,0	0,665	0,168
2	Aglutinante 1 + sulfato de cálcio em pó	5,0	0,3	0,7	2,5	2,918	0,675
3	Aglutinante 2 + sulfato de cálcio em pó	5,0	0,2	0,8	3,0	1,513	0,879
4	Aglutinante 2 + sulfato de cálcio em pó	5,0	0,3	0,7	3,0	2,763	0,393
5	Aglutinante 3	5,0	2,0	0,0	2,5	6,631	3,519
6	Aglutinante 4	5,0	1,0	0,0	2,5	5,199	2,034

Nessa análise de resistência dos grânulos, duas formulações atingiram valores superiores a 5 kgf em média, sendo viáveis para o emprego como fertilizante garantindo condições de manuseio adequadas.

### Análise de biodegradabilidade

Na análise de biodegradabilidade a aplicação do grânulo na placa de Petri resultou no aumento de valores de pH e na condutividade elétrica, aferindo uma melhor efetividade deste modo de aplicação. Entretanto o biossólido em sua forma convencional em pó, apresentou valores mais elevados nessas métricas do que o biossólido em grânulo, isso foi devido a área superficial do pó ser maior logo mais rápida degradação no solo em consequência do maior contato entre o biossólido e as partículas do solo.

O biossólido em pó, apresentou maior teor de sólidos voláteis, isto é, a quantidade de compostos de origem orgânica na fórmula. O grânulo quando foi enterrado no solo apresentou valores intermediários, todavia quando foi disposto superficialmente os valores foram baixos.

As formulações ensaiadas apresentaram coliformes totais e apenas uma amostra não estava contaminada com *E. coli* indicando contaminação ambiental, que afeta a qualidade microbiológica, logo necessitando de medidas mais rigorosas de manuseio das amostras e controle de qualidade nos ensaios.

Foram constatados o desenvolvimento de fungos fitopatogênicos e saprofitos nas amostras, eles são comuns em ambientes naturais e podem ter diferentes funções e efeitos na decomposição dos materiais orgânicos, portanto é importante monitorar seu impacto na decomposição dos grânulos. Observou-se que a esterilização do solo através da autoclave não afetou os parâmetros avaliados, e que os tratamentos com biossólido granulado indicaram ser mais eficazes do que os tratamentos com biossólido convencional.

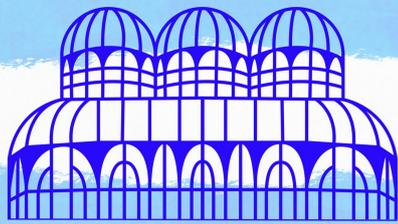
A análise estatística dos resultados, mostrou que não houve diferença significativa entre os tratamentos com grânulos e o grupo de controle, isso revela que 52 dias foram insuficientes para causar impacto físico-químico no solo, a razão para tal acontecimento pode ser devido a complexibilidade do processo de biodegradação que geralmente são mais longos.



### **Análise de desintegração dos grânulos**

Os resultados evidenciaram que os tratamentos 2 e 3 apresentaram taxa de desintegração mais acelerada quando comparados com os tratamentos 1 e 4. Estas evidências indicam uma relação inversa entre a concentração de aglutinante e a capacidade de desintegração, fortalecendo pesquisas de HETTIARACHCHI (2016).

Em virtude disso, pode-se inferir que os tratamentos 2 e 3, que contiveram uma maior quantidade de sulfato de cálcio em pó (como aditivo) e uma menor quantidade de aglutinante, exibiram, visualmente, mais significativas taxas de desintegração, que foi medida comparando o número de grânulos inteiros que cada tratamento apresentou.



# 7º CONRESOL

7º Congresso Sul-Americano  
de Resíduos Sólidos e Sustentabilidade

CURITIBA/PR - 14 a 16 de Maio de 2024

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABNT- Associação Brasileira de Normas Técnicas NBR 7181. Solo –Análise granulométrica. Rio de Janeiro, 2016.
2. AMARAL, R. D. Avaliação de um resíduo da indústria de zinco como corretivo da acidez e fertilizante de solo e fonte de metais pesados para plantas. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.
3. BERTON, R. S.; VALADARES, J. M. A. S.; CAMARGO, O. A.; BATAGLIA, O. C. Peletização do biossólido de esgoto e adição de CaCO<sub>3</sub> na produção de matéria seca e absorção de Zn, Cu e Ni pelo milho em três latossolos. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, v. 21, p. 685-691, 1997.
4. BORGES, F. Caracterização e estudo da potencialidade de biossólidos de efluentes doméstico e industrial como combustível na geração de energia. 2008. 74f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Processos) – Universidade da Região de Joinville – UNIVILLE, Joinville, 2008.
5. CASTRO, G. S. M. Acompanhamento da degradação de biossólido granulado em solo. In: ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 32, 2023, Ponta Grossa. Resumos [...] Ponta Grossa: UEPG, 2023.
6. CORTELETTI, João Vitor. Uso de sulfato de cálcio em pó proveniente da construção civil na produção de biomassa de *Brachiaria brizantha* cv. Marandu 2022. 24 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Instituto Federal do Espírito Santo, Santa Teresa, 2022.
7. FONSECA, Cecília Strzykalska. Aspectos legais da aplicação do biossólido gerado nas estações de tratamento de esgoto em uso agrícola. 2015.
8. HETTIARACHCHI, L. et al. Strength and disintegration characteristics of compost pellets produced from urban waste in Sri Lanka. In: Conference on International Research on Food Security, Natural Resource Management and Rural Development, 2016.
9. MORAES, Emmerson Rodrigues de. Aplicação De Fertilizante Organomineral De Biossólido De Esgoto E Bioestimulante Na Cana-De-Açúcar. 2017. 84 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Uberlândia, 2017.
10. NIKIEMA, J.; COFIE, O.; IMPRAIM, R.; ADAMTEY, N. Processing of fecal sludge to fertilizer pellets using a low-cost technology in Ghana. Environment and Pollution, v. 2, n. 4, p. 70-87, set. 2013.
11. RODELLA, Arnaldo Antonio e ALCARDE, José Carlos. Requisitos de qualidade física e química de fertilizantes minerais. Nutrição e fertilização florestal. Tradução. Piracicaba: IPEF, 2000.
12. RULKENS, W. Sewage sludge as a biomass resource for the production of energy: overview and assessment of the various options. Energy & Fuels, v. 22, n. 1, p. 9-15, 2008.