



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
FACULDADE DE CEILÂNDIA - FCE
FARMÁCIA

GABRIEL FARRAPEIRA DALLA COSTA

Revisão sobre o uso de leito fluidizado no recobrimento de partículas.

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Brasília
2023

GABRIEL FARRAPEIRA DALLA COSTA

Revisão sobre o uso de leito fluidizado no recobrimento de partículas.

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de graduação em Farmácia da Universidade de Brasília, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Farmacêutica.

Orientadora: Profa. Dra. Claire Nain Lunardi Gomes

Coorientadora: Mestranda Mirella Paula de Freitas Barros

Brasília
2023

Agradecimentos

Primeiramente dedico esse trabalho a minha família, meus pais Rosali e Jewson, e ao meu irmão Rafael. Que o tempo inteiro estiveram comigo e me ajudaram com o que puderam, sempre tendo paciência e compartilhando as felicidades de passagem de semestre.

A minha amada namorada Mirella que conheci no segundo semestre e esteve junto comigo durante toda a minha graduação, a cada momento, cada prova. Sempre me ajudando nas provas e trabalhos e muito mais com esse trabalho que me orientou de um jeito que se não fosse por ela não tinha acabado. Me ajudou em tudo que eu poderia pedir e até mais. A melhor pessoa que já conheci na minha vida e que não poderia escolher melhor para passar a vida ao meu lado.

A todos os meus professores da graduação, mas principalmente a minha orientadora Claire, que desde a primeira matéria me ajudou, me orientou e foi como uma mãe durante a graduação. Teve muita paciência durante o trabalho e sempre prestativa com tudo que precisava. Ao professor Anderson que ajudou sempre nos trabalhos, e em tudo que precisava.

E por último meus amigos, Rodrigo Raphael, Antonio, Ramon Giovanna, Arthur, Mayumi, que a todo momento me perguntavam se estava tudo bem e se precisava de ajuda. Que deixaram todos esses anos de faculdade mais fáceis de lidar.

Agradeço as agências de fomento FAPDF, CNPq, DPI-UnB e DPG-UnB pelo apoio recebido na forma projetos de pesquisa em apoio ao laboratório Fotonanobiotec ao longo de minha jornada acadêmica.

Uma coletânea de pensamentos é uma farmácia moral onde se encontram remédios para todos os males.

-Voltaire

Resumo

CONTEXTO: Revisão bibliográfica relacionada aos diversos usos do leito fluidizado e a sua utilização mais direcionada ao recobrimento de partículas.

METODOLOGIA: Na primeira etapa foi feita Revisão da Literatura em bases de dados Scopus, para a seleção de desses artigos foi utilizado palavras-chaves na língua portuguesa e inglesa. E a segunda parte utilizou-se o software VOSviewer nos artigos que foram selecionados dentre os anos de 2019-2023.

RESULTADOS: Como resultado do trabalho espera-se obter uma revisão bibliográfica das formas de utilização e métodos do leito fluidizado como uma ferramenta no recobrimento de partículas e sua implementação na área de pesquisa e desenvolvimento.

CONCLUSÃO: Para a elaboração do trabalho foi utilizado artigos para exemplificar a utilização do leito fluidizado expandido e analisado em termos de dados quantitativos a bibliometria sobre o tema.

Palavras-Chave:

Leito fluidizado, nanopartículas, partículas, recobrimento, revestimento.

Abstract

CONTEXT: Literature review related to the various uses of the fluidized bed and its use in particle coating.

METHODOLOGY: In the first stage, a literature review was carried out in Scopus databases, using keywords in Portuguese and English to select these articles. The second part used the VOSviewer software on the articles that were selected from the years 2019-2023.

RESULTS: As a result of the work, it is expected to obtain a bibliographic review of the forms of use and methods of the fluidized bed as a tool in the coating of particles and its implementation in the area of research and development.

CONCLUSION: To prepare the work, articles were used to exemplify the use of the expanded fluidized bed and bibliometrics on the subject were analyzed in terms of quantitative data.

Keywords:

Fluidized bed, nanoparticles, particles, coating, coating.

Lista de ilustrações

Figura 1 – Equipamento de leito fluidizado SD-1000	10
Figura 2 – Diagrama do procedimento de fabricação da bateria de lítio.	11
Figura 3 – Diagrama esquemático do sistema de reação em leito fluidizado.	13
Figura 4 – Esquema da configuração experimental mostrando o biorreator de leito fluidizado inverso para remoção de selenito e recuperação de selênio. .	14
Figura 5 – Mapa de relações entre os termos.	18
Figura 6 – Mapa de densidade dos termos.	19

Lista de tabelas

Tabela 1 – Relação entre as palavras-chave e o número de ligações	17
Tabela 2 – Tabela de vantagens e desvantagens dos processos realizados no leito fluidizado	20

Sumário

1	Introdução	9
1.1	Equipamento	9
1.2	Usos do leite fluidizado	11
1.2.1	Processo de granulação	11
1.2.2	Processo de recobrimento	12
1.2.3	Processo de nano e micro encapsulamento	12
1.2.4	Leito Fluidizado inverso	13
2	Objetivos	15
2.1	Objetivo Geral	15
2.2	Objetivo Específico	15
2.2.1	Realização de revisão da literatura sobre as formas de utilização do leite fluidizado;	15
2.2.2	Revisão literatura sobre a aplicação do leite fluidizado no recobrimento de partículas.	15
3	Metodologia	16
4	Resultados	17
5	Conclusão	21
	Referências	22

1 Introdução

O leito fluidizado é um equipamento que vem sendo altamente utilizado na indústria farmacêutica tanto nos processos de secagem de materiais, na produção de grânulos, no recobrimento de partículas e revestimento de comprimidos (Petrovick; Bassani; Petrovick, 2006). O revestimento em leito fluidizado é uma tecnologia que esta sendo amplamente utilizado e de destaque capaz de produzir produtos granulados com melhores qualidades físico-químicas e de fluxo. (Pereira *et al.*, 2022).

Os objetivos de utilizar o leito fluidizado são a possibilidade de obtenção de grânulos uniformes através de secagem de matérias inicialmente disformes, o recobrimento de partículas a fim de conseguir melhor distribuição geométrica e em medicamentos para melhorar as características organolépticas. (Borini, 2006).

Para o processo de secagem, o leito fluidizado funciona com a inserção das partículas sólidas a serem secas, e as movimenta por meio do contato com uma corrente de gás ascendente que comumente é aquecido, podendo se utilizar gases inertes, porém depende das características do material e do procedimento em que vai ser feito. (LABFREEZ INSTRUMENTS GROUP CO., LTD,)

Na granulação e no recobrimento, é realizada a pulverização de finas gotas de uma solução ou líquido aglutinante sobre as partículas em suspensão dentro do equipamento para a criação de uma fina camada sobre material, no intuito de proteção e preservação do composto. Pode-se utilizar métodos diferentes, em batelada (em lote) ou contínuo. (Saifullah *et al.*, 2019)

No método em batelada o equipamento é menor, normalmente é usado em experimentos laboratoriais ou quando o produto final tende a ser em menor escala. Nesse método, cada etapa deve ser colocada e retirada manualmente, sendo realizado em lotes. Comumente sendo um processo mais lento em relação ao contínuo, é usado em conjunto a outros equipamentos, se necessário. Já no método contínuo, o equipamento é maior e normalmente usado em larga escala, sendo cada etapa do processo é realizada em módulos diferentes, comumente de maneira automatizada. (ALONSO; PARK, 2005)

1.1 Equipamento

Um exemplo de equipamento de leito fluidizado é o SD-1000 da LABFREEZ, que tem um exemplar dentro do complexo de nanociências da FCE, sendo ilustrado na figura 1. Projetado para uso de pesquisas tanto na indústria farmacêutica e alimentícia, produtos de saúde e cosméticos, quanto em laboratórios. De acordo com o manual do equipamento (LABFREEZ INSTRUMENTS GROUP CO., LTD,), ele possui as funções de secagem, granulação, revestimento e mistura, o SD-1000 funciona pelo método de batelada, em lotes de 50g a 1000g.

Figura 1 – Equipamento de leito fluidizado SD-1000

Fonte: Spray drying coating granulator instructions manual SD-1000

Os parâmetros de utilização dele variam do uso selecionado. Se inicia com a definição de temperatura, que para materiais de revestimento é definido entre 90 °C a 120 °C, e para pulverização de 110 °C a 160 °C. Depois é ligado o soprador que no modo de granulação e no modo de revestimento é ajustado entre 15 e 50 Hz, com o volume de ar ajustado em um nível baixo no início e aumentando gradativamente com o decorrer do tempo. E para a secagem é ajustado entre 20 e 40 Hz.

Após o compressor de ar é ligado na função de granulação antes de começar o processo com a matéria prima, de modo a evitar que materiais bloqueiem o bico de injeção. Normalmente a pressão de granulação é mantida entre 0,1MPa e 0,3MPa e a pressão de revestimento é de 0,1Mpa. Os requisitos de pressão variam de acordo com os materiais entre os modos de pulverização e secagem, e o modo de revestimento. Quanto maior for a viscosidade do material de revestimento maior será a pressão de granulação necessária. Normalmente, a pressão de retorno é controlada em 0,5Mpa, e é iniciada na etapa de revestimento.

Em seguida é ligado a temperatura. Após atingir a temperatura pré estabelecida a bomba peristáltica deve ser ligada, regulada entre 5 a 12 RPM no modo de granulação e revestimento, e entre 15 a 25 RPM no modo de pulverização e secagem.

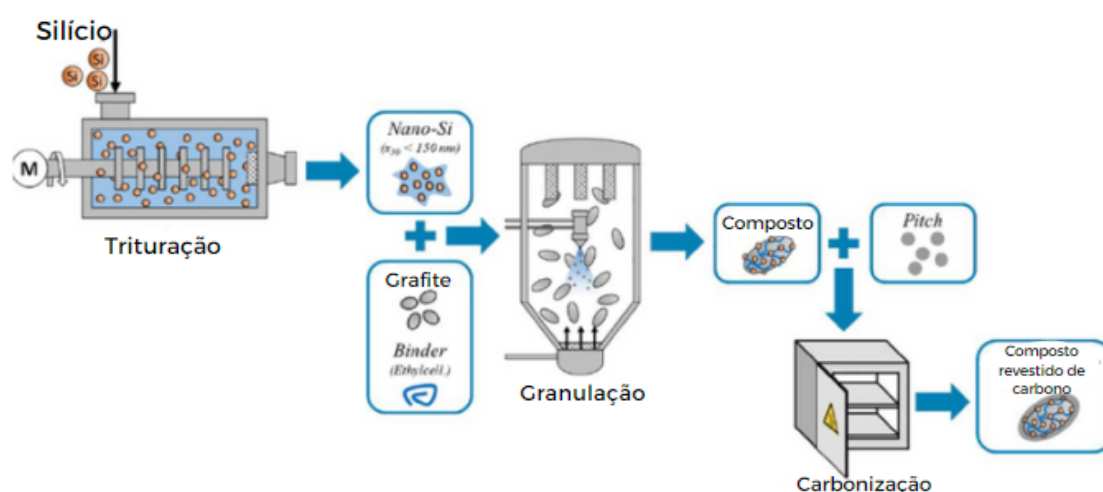
Depois de terminar um experimento, pare primeiro a bomba peristáltica, depois o aquecedor e depois o ar compressor, com o ventilador sendo desligado quando a temperatura do ar de entrada cai abaixo 100 °C.

1.2 Usos do leito fluidizado

1.2.1 Processo de granulação

Dentre os vários usos do leito fluidizado, um exemplo do processo de granulação, descrito por Müller *et al.* (2021), é na fabricação de baterias de Lítio, utilizando compostos constituídos de grafite e silício (Si) para o aumento da capacidade da bateria. O procedimento foi realizado com a fabricação de dois compósitos de Si sobre grafite, com as partículas de Si com tamanho aproximado de 150 nm e partículas de grafite em tamanho micron, formando uma estrutura núcleo de Grafite-Si. Em um tratamento térmico posterior, as partículas foram revestidas com piche, que foi então carbonizado para formar uma camada condutora conforme descrito na figura 2.

Figura 2 – Diagrama do procedimento de fabricação da bateria de lítio.



Fonte: MÜLLER, J. et al. Si-on-Graphite fabricated by fluidized bed process for high-capacity anodes of Li-ion batteries.

1.2.2 Processo de recobrimento

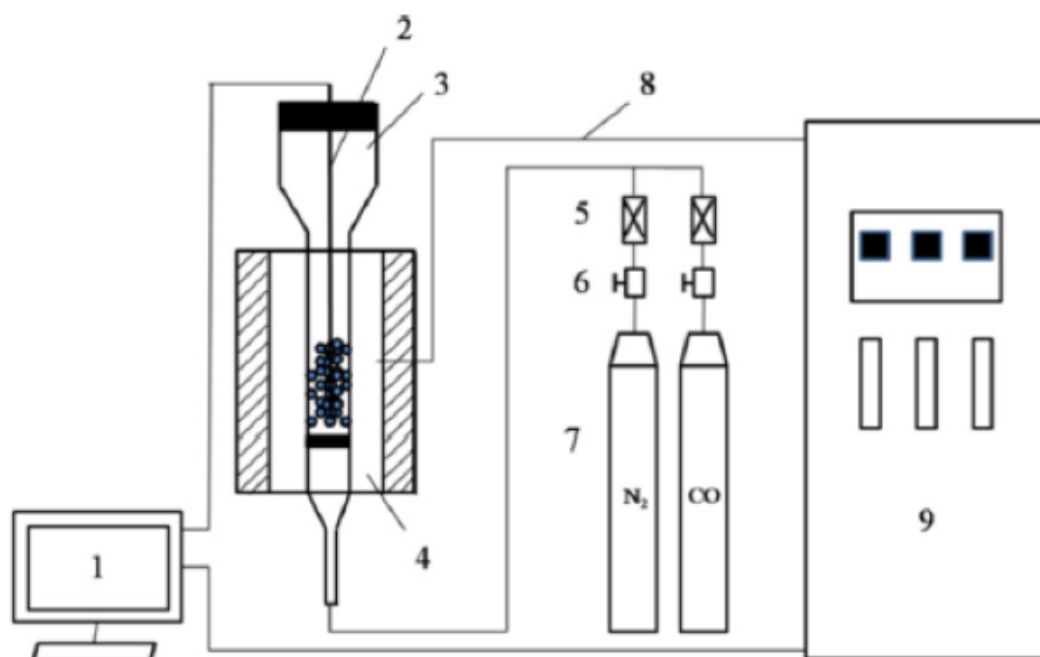
Já no processo de recobrimento é onde encontram-se mais usos do leito fluidizado, tal como para a criação de novas formulações, como foi apresentado no estudo de Oliveira *et al.* (2021). Eles descreveram a viabilização do leito fluidizado como forma de recobrimento no *Bacillus thuringiensis*, usado como pesticida em lavouras, para resolver os problemas de instabilidade da formulação por perda de atividade em decorrência da degradação como a exposição à radiação ultravioleta, entre outros problemas.

1.2.3 Processo de nano e micro encapsulamento

Outro uso do leito fluidizado é o micro e nano encapsulamento de materiais para o intuito de liberação controlada de compostos de aroma e sabor, uma técnica que permite uma maior diversidade de revestimentos em comparação com a secagem por spray tradicional. No entanto, esta técnica de encapsulamento não é muito empregada em compostos aromáticos em comparação com a secagem por pulverização e a secagem por congelamento. Apesar do revestimento em leito fluidizado ser relatado como a técnica mais adequada, garantindo faixas máximas de eficiência de encapsulamento (96,10–99,39%) em comparação entre as outras formas descritas (Saifullah *et al.*, 2019)

É possível também utilizar o leito fluidizado como um reator para a fabricação de nanotubos de carboneto de tungstênio, que é o material chave para preparar carbonetos cimentados de granulação ultrafina. Seu tamanho tem um impacto significativo no desempenho de ligadura metal-cerâmica. À medida que o tamanho do grão do carboneto de tungstênio diminui para nanoescala, a força, módulo e resistência ao desgaste da liga dura pode ser melhorada significativamente. (Pan *et al.*, 2020)

O processo consiste em um tubo de quartzo ser colocado no equipamento, descrito na figura 3, para realizar os experimentos de redução-carbonização, após isso é depositado pó de óxido de tungstênio violeta no equipamento, depois levado ao forno, em seguida é retirado para análise. (Pan *et al.*, 2020)

Figura 3 – Diagrama esquemático do sistema de reação em leito fluidizado.

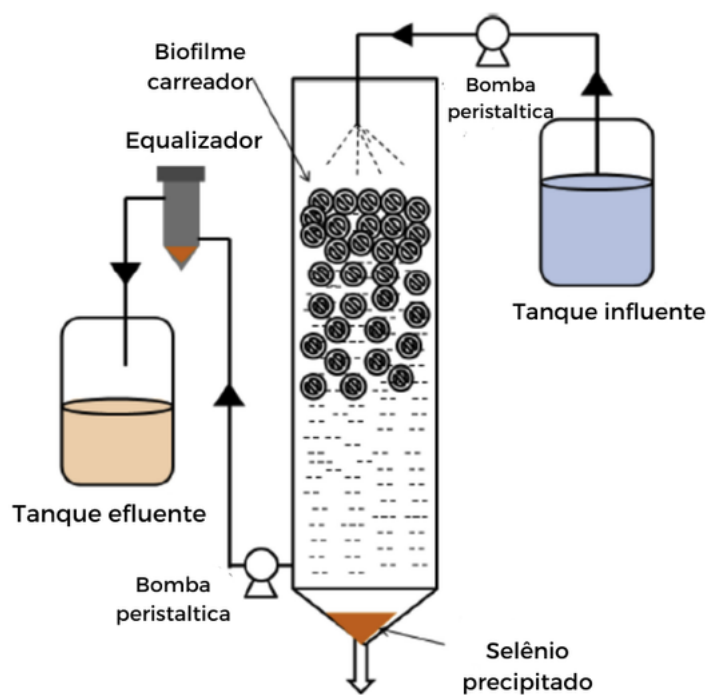
Fonte: Feng Pan et al, Preparation of nano-sized tungsten carbide via fluidized bed. 2020.

1.2.4 Leito Fluidizado inverso

Em relação ao sistema de leito fluidizado existe o reator de leito fluidizado inverso, onde Sinharoy, Saikia e Pakshirajan (2019), publicaram um estudo que descreve o mecanismo com um biofilme de bactérias, com o objetivo de remover o selênio da água, em um bio suporte flutuante de baixa densidade que é fluidizado para baixo conforme representado no esquema na figura 3.

Neste sistema de leito inverso a diferença ocorre que o fluxo de ar e água acontece de forma descendente no topo do reator, em vez de por baixo de forma ascendente. O biofilme onde se encontra o selênio é envolvido em um material de bio suporte, que permanece no topo do reator, enquanto ocorre a vazão de temperatura e fluxo contínuo de água e gás, fazendo que sejam formados precipitados de selenito que se separam da biomassa devido à fluidização e se depositam no fundo, permitindo assim, uma fácil recuperação dos precipitados.

Figura 4 – Esquema da configuração experimental mostrando o biorreator de leito fluidizado inverso para remoção de selenito e recuperação de selênio.



Fonte: Arindam Sinharoy et al, Biological removal of selenite from wastewater and recovery as selenium nanoparticles using inverse fluidized bed bioreactor. (com alterações de linguagem).

2 Objetivos

2.1 Objetivo Geral

O objetivo desta revisão bibliográfica é analisar os artigos mais recentes sobre o uso e as aplicações do leito fluidizado no recobrimento de partículas.

2.2 Objetivo Específico

Busca-se neste trabalho de conclusão de curso os seguintes objetivo específicos:

- 2.2.1 Realização de revisão da literatura sobre as formas de utilização do leito fluidizado;
- 2.2.2 Revisão literatura sobre a aplicação do leito fluidizado no recobrimento de partículas.

3 Metodologia

Para a revisão bibliográfica foi realizada a busca dos artigos científicos através da ferramenta Scopus, entre os anos de 2019 e 2023. Utilizando palavras-chaves na língua portuguesa e inglesa: “leito fluidizado”, “fluidized bed”, “nanopartículas”, “nanoparticle”, “partículas”, “recobrimento”, “revestimento”. Foi empregado o DOI (Identificador de Objeto Digital) para identificar esses artigos, o DOI é um padrão para identificação de documentos em redes digitais e pode ser aplicado a qualquer objeto digital, como livros, capítulos de livros, periódicos, artigos, entre outros.

Foram obtidos através da plataforma Scopus 170 artigos relacionados e classificados por nível de relevância com o tema, levados em conta a validade, importância e originalidade do tema, com maior taxa de ocorrência, as datas de publicação e os autores com mais estudos na área. Os artigos considerados foram em língua portuguesa e inglesa, provenientes de periódicos nacionais e internacionais. Dentre os 170 foram incluídos 20 artigos com a melhor descrição do tema.

Após os artigos serem selecionados na plataforma Scopus, foi realizado um tratamento no VOSviewer para criação de um mapa com as palavras chaves associadas com o leito fluidizado.

Como critério de exclusão, foi definido que artigos não relacionados ao tema proposto ou que não descreveram o uso do leito não seriam utilizados.

4 Resultados

Após a revisão bibliográfica e a aplicação no programa VOSviewer gerou-se uma lista com as principais palavras-chave, o número de ocorrências em que se repetem e quantas ligações cada termo realiza. A tabela 1 ilustra os 20 principais termos, suas ocorrências, e sua força de ligação entre os demais termos entre os anos de 2019 e 2023.

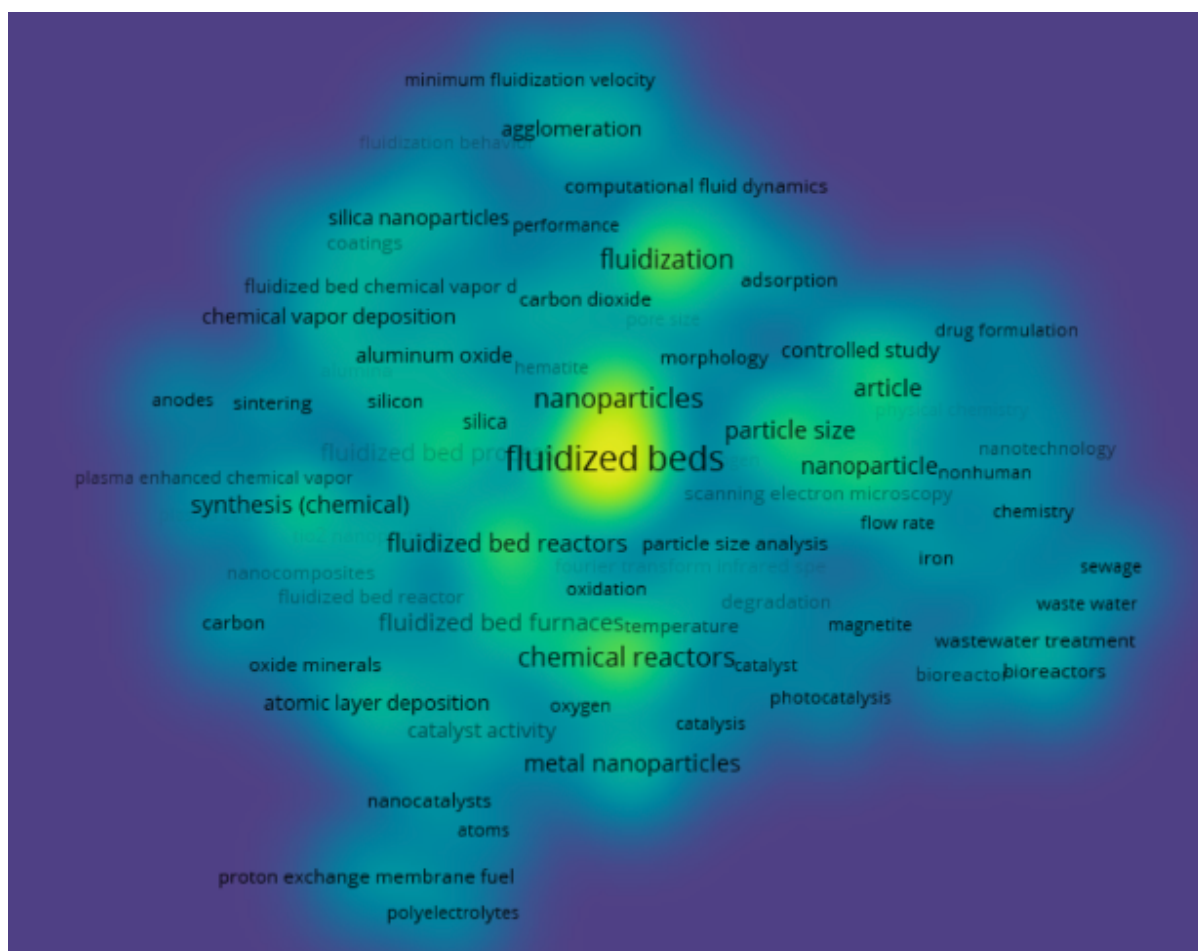
Tabela 1 – Relação entre as palavras-chave e o número de ligações

		Occurrences	Total Link Strength
Keywords	Fluidized beds	120	817
	Nanoparticles	54	388
	Chemical reactors	44	387
	Fluidized bed reactors	35	321
	Fluidization	47	320
	Particle size	33	260
	Nanoparticle	27	218
	Article	25	199
	Fluidized bed process	24	186
	Supersaturation	19	184
	Synthesis (Chemical)	24	182
	Fluidized bed furnaces	19	181
	Titanium dioxide	21	177
	Atomic layer deposition	18	167
	Silica	18	142
	Metal nanoparticles	19	132
	Titanium dioxide nanoparticles	12	123
	Controlled study	13	110
	Agglomeration	16	106
	Catalyst activity	14	100

Fonte: Proprio autor

O leito fluidizado está amplamente ligado a termos como: “Nanopartículas”, “Tamanho de partícula”, “Reatores Químicos”, “Fluidização”, “Deposição de camada atômica”.

Figura 6 – Mapa de densidade dos termos.



Fonte: Proprio Autor

O VOSviewer é um software que utiliza técnica de mapeamento para visualizar correspondências. Possibilitando a criação e visualização de mapas de várias maneiras e utilizando uma abordagem padrão para mapeamento e agrupamento com base no coeficiente da matriz de ocorrência normalizada e em uma medida de similaridade que calcula a força de associação entre os termos. O mapa gerado é bidimensional e agrupa os termos em forma de agrupamentos, agrupados pela mesma cor no qual estão relacionados. A distância entre os termos pode ser interpretada como um indicador de relação entre eles, ou seja, quanto menor a distância entre os termos mais forte é a relação entre eles. Cada agrupamento agrega palavras-chave que apresentam similaridades e interações entre os temas correlatos. Essa ligação acontece pois um tema pode derivar do outro ou porque os mesmos documentos abordam temas diferentes. (Eck; Waltman, 2009).

Dentre a análise comparativa dos artigos selecionados, infere-se que o leiteo fluidizado está sendo mais utilizado atualmente dentro de laboratórios de pesquisa, utilizando o método por batelada, justificando sua relação com nanopartículas como é visto na tabela 1. Como Saifullah e Oliveira, que descrevem a nanoencapsulamento de partículas por leiteo fluidizado como uma técnica que permite uma melhoria na distribuição e estabilidade das

formulações. Enquanto Müller demonstra como a pulverização e recobrimento entre dois compostos podem formar uma nova estrutura capaz de melhorar a eficiência de baterias de lítio. E de forma menos usada, o leito fluidizado inverso tem seu uso mais restrito e com objetivos mais específicos, como por exemplo retratado por Sinharoy e Kumar que utilizam o leito para a retirada de contaminação na água por metais. E por possuir um procedimento inverso acaba tornando mais difícil de ser utilizado e menos viável para o revestimento geral em partículas.

Com isso é possível formular uma tabela que compila as vantagens e desvantagens citadas nos artigos relacionadas os processos realizados no leito fluidizado.

Tabela 2 – Tabela 2. Vantagens e desvantagens dos processos realizados no leito fluidizado

Processos	Vantagens	Desvantagens
Granulação	Uniformidade nas partículas	Perda de material
Recobrimento	Diversidade de materiais pra revestimento	Quantidade de material utilizado
	Baixo custo	
Nanoencapsulamento	Maior eficiência	Tempo total do processo

Fonte: Próprio autor

5 Conclusão

Com essa revisão bibliográfica foi possível obter informações sobre como é o uso do leito fluidizado de forma geral e direcionado ao recobrimento de partículas. É um equipamento que é usado na indústria farmacêutica de várias formas, e é muito promissor na área de pesquisa, tornando-se muito viável a implementação em laboratórios, como por exemplo o leito SD-1000 implementado no complexo de nanociências da FCE, por ter um processo fácil de utilização e aprendizado, de baixo custo, com dimensões estruturais pequenas sem necessidade de destinar muito espaço. Em contra partida é necessário um tempo de recobrimento relativamente grande e uma quantidade considerável de materiais para o completo revestimento, dependendo do processo a ser realizado, em comparação com outros métodos de recobrimento.

Referências

- ALONSO, L. F. T.; PARK, K. J. MÉTODOS DE SELEÇÃO DE SECADORES. **Ciênc. Tecnol. Aliment.**, Campinas, p. 208 – 216, Junho 2005.
- AZIMI, B. *et al.* Multicycle CO₂ capture activity and fluidizability of Al-based synthesized CaO sorbents. **Chemical Engineering Journal**, v. 358, p. 679 – 690, 2 2019. ISSN 1385-8947.
- BORINI, G. B. **Revestimento de partículas por solidificação de material fundido em leito de jorro e fluidizado**: estudo do processo, caracterização das partículas e preparo de comprimidos. 2006. 131 p. Tese (Ciências farmacêuticas) — USP Ribeirão Preto. Disponível em: https://teses.usp.br/teses/disponiveis/60/60137/tde-20072007-164629/publico/2007_tese_giovanna_bonfante_borini.pdf.
- BRACHI, P. Synthesis of carbon dots (CDs) through the fluidized bed thermal treatment of residual biomass assisted by γ -alumina. **Applied Catalysis B: Environmental**, v. 263, 4 2020. ISSN 0926-3373.
- CHITHAIAH, P. *et al.* Solving the “moS₂ Nanotubes” Synthetic Enigma and Elucidating the Route for Their Catalyst-Free and Scalable Production. v. 14, n. 3, p. 3004 – 3016, 3 2020.
- DASHLIBORUN, A. M. *et al.* Modeling of the photocatalytic degradation of methyl ethyl ketone in a fluidized bed reactor of nano-TiO₂/ γ -Al₂O₃ particles. **Chemical Engineering Journal**, v. 226, p. 59 – 67, 6 2013.
- ECK, N. J. van; WALTMAN, L. Software survey: VOSviewer, a computer program for bibliometric mapping. *Scientometrics*, p. 523 – 538, December 2009.
- GUO, J. *et al.* Tuning the photocatalytic activity of TiO₂ nanoparticles by ultrathin SiO₂ films grown by low-temperature atmospheric pressure atomic layer deposition. **Applied Surface Science**, v. 530, 11 2020. ISSN 0169-4332.
- KUMAR, M.; PAKSHIRAJAN, K. Continuous removal and recovery of metals from wastewater using inverse fluidized bed sulfidogenic bioreactor. v. 284, 2 2021.
- LABFREEZ INSTRUMENTS GROUP CO., LTD. **Spray Drying Coating Granulator Instructions Manual SD-1000**. BeiJing, China.
- LEE, W. J. *et al.* Synthesis of highly dispersed Pt nanoparticles into carbon supports by fluidized bed reactor atomic layer deposition to boost PEMFC performance. v. 12, n. 1, 12 2020.
- LY, H. V. *et al.* Catalytic pyrolysis of bamboo in a bubbling fluidized-bed reactor with two different catalysts: HZSM-5 and red mud for upgrading bio-oil. **Renewable Energy**, v. 149, p. 1434 – 1445, 4 2020. ISSN 0960-1481.
- MÜLLER, J. *et al.* Si-on-Graphite fabricated by fluidized bed process for high-capacity anodes of Li-ion batteries. **Chemical Engineering Journal**, v. 407, 3 2021. ISSN 1385-8947.

- NEGI, B. B. *et al.* Predictive modelling and optimization of an airlift bioreactor for selenite removal from wastewater using artificial neural networks and particle swarm optimization. **Environmental Research**, v. 219, 2023. ISSN 0013-9351. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0013935122024008>.
- NEGI, B. B.; SINHAROY, A.; PAKSHIRAJAN, K. Selenite removal from wastewater using fungal pelleted airlift bioreactor. v. 27, n. 1, p. 992 – 1003, 1 2020.
- OLIVEIRA, J. L. D. *et al.* **Encapsulation Strategies for Bacillus thuringiensis**: From Now to the Future. 2021. 4564 – 4577 p. PMID: 33848162.
- PAN, F. *et al.* Preparation of nano-sized tungsten carbide via fluidized bed. **Chinese Journal of Chemical Engineering**, v. 28, n. 3, p. 923 – 932, 2020. ISSN 1004-9541. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1004954119308791>.
- PEREIRA, G. V. da S. *et al.* Material coatings by fluidized bed and spouted bed: a comparative study. **Research, Society and Development**, v. 11, n. 17, 2022. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/38731>. Acesso em: 15 de junho de 2023.
- PETROVICK, G. F.; BASSANI, V. L.; PETROVICK, P. R. GRANULAÇÃO E REVESTIMENTO EM LEITO FLUIDIZADO. **Caderno de Farmácia**, v. 22, n. 12, p. 107 – 118, 2006.
- RINCÓN, G. J.; MOTTA, E. J. L. A fluidized-bed reactor for the photocatalytic mineralization of phenol on TiO₂-coated silica gel. v. 5, n. 6, 6 2019.
- SAIFULLAH, M. *et al.* **Micro and nano encapsulation, retention and controlled release of flavor and aroma compounds**: A critical review. 2019. 230 – 251 p.
- SINHAROY, A.; LENS, P. N. **Biological Removal of Selenate and Selenite from Wastewater**: Options for Selenium Recovery as Nanoparticles. 2020. 230 – 249 p.
- SINHAROY, A.; SAIKIA, S.; PAKSHIRAJAN, K. Biological removal of selenite from wastewater and recovery as selenium nanoparticles using inverse fluidized bed bioreactor. **Journal of Water Process Engineering**, v. 32, 12 2019. ISSN 2214-7144.
- TUNALA, L. F. **UFRRJ INSTITUTO DE TECNOLOGIA CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA QUÍMICA TECNOLOGIA QUÍMICA DISSERTAÇÃO Desenvolvimento de Equipamento para Recobrimento de Partículas em Leito de Jorro Fluidizado**. [S.l.], 2005.
- ZHU, C. *et al.* Confinement of CoP Nanoparticles in Nitrogen-Doped Yolk-Shell Porous Carbon Polyhedron for Ultrafast Catalytic Oxidation. v. 30, n. 49, 12 2020.