

Uma revisão sistemática sobre os métodos e parâmetros usados para medição do volume de grãos contidos dentro de um silo

Romero Santos de Brito¹, Fabiana Costa de Araujo Schutz²

^{1,2} Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR – Medianeira – Brasil

¹ romero.rsb@hotmail.com, ² fabianaschutz@utfpr.edu.br,

Resumo: É incontestável a importância do controle de estoques nos armazéns buscando-se a excelência para a gestão logística das empresas. No setor agroindustrial, os silos são usados em larga escala para o armazenamento temporário dos grãos colhidos em determinada safra. Ocorre que a imprecisão da quantidade de grãos armazenados dentro do silo ainda é uma realidade. Neste sentido, faz-se necessária uma investigação sobre o estado da arte em que se encontram as pesquisas voltadas a modelos de precisão de volume dentro um silo. Neste trabalho foi feita uma revisão sistemática de artigos que procuram identificar e compreender, junto à comunidade científica, experimentos que tenham sido desenvolvidos buscando a precisão do volume de grãos contidos em um silo de armazenamento de grãos. Também, buscou-se por trabalhos que analisassem os parâmetros (densidade, temperatura, pressão e vazão), os quais interferem na dinâmica dentro dos silos. Buscou-se ainda por experimentos voltados à compreensão dos fenômenos que ocorrem dentro dos silos durante o processo de carregamento e descarregamento. Para a revisão sistemática, como mecanismos de buscas dos trabalhos analisados, foram utilizadas as plataformas do *SCOPUS*, *WEB OF SCIENCE* e *SCIENCE DIRECT*. Observando os indicadores do SJR e JCR, assim como considerando o Qualis equivalente, ao final do processo de seleção foram inclusos 14 artigos julgados mais relevantes para o escopo do trabalho. Concluiu-se que ainda são incipientes as pesquisas sobre o assunto no meio científico. Isso reflete na realidade dos armazéns de grãos, pois, não raro, são grandes as imprecisões das informações de estoque.

Palavras chave: Grãos, Silo, Volume.

A systematic review on methods and parameters used for measuring grain volume within a silo

Abstract: The importance of inventory control in warehouses is unquestionable, seeking excellence in the logistics management of companies. In the agricultural sector, silos are widely used for temporary storage of harvested grain. It turns out that an inaccurate amount of grain stored inside the silo is still a reality. In this regard, a state-of-the-art investigation into the amount of grain contained within a grain storage silo is needed. This paper is a systematic review of articles that seek to identify and understand, with the scientific community, experiments that were obtained seeking an accuracy of the volume of grains contained in a silo. In addition, we seek works that analyze the parameters (temperature, temperature, pressure and leakage), which interfere with the dynamics within the silos. We also searched for experiments aimed at understanding phenomena that occur inside silos during the loading and unloading process. As search engines of analyzed works, for systematic review were used as search platforms the *SCOPUS*, *WEB OF SCIENCE* and *SCIENCE DIRECT*. Observing the SJR and JCR indicators and considering Qualis equivalent, the final selection process included 14 articles deemed most relevant to the scope of the work. The conclusion is that research on the subject in the scientific environment is incipient. This reflects the reality of grain warehouses, as inaccuracies in inventory information are not uncommon.

Key-words: Grains, Silo, Volume.

1. Introdução

No contexto do agronegócio, assim como outros setores, é um imperativo a excelência na gestão dos estoques de grãos que, em sua maioria, são armazenados em silos de diversos tamanhos e formas nas unidades de armazenamentos das empresas que operam no setor de grãos. Em que pese o uso em larga escala dos silos para armazenamento dos grãos, os métodos existentes para medição interna do volume contido em um silo têm demonstrado erros consideráveis, os quais impactam na planejamento logístico, dificultando uma gestão de estoque.

Por gestão de estoque, HONG (2006, p. 36) entende que é "o planejamento do estoque, seu controle e sua retroalimentação sobre o planejamento". Os custos de se manter o estoque são invariavelmente muito altos de modo que, sempre que possível, deve-se buscar maneiras de atenuar o efeito negativo no que diz respeito à falta de controle. Esse propósito está diretamente relacionado com o correto controle das compras, vendas, gestão da armazenagem, planejamento e controle de produção, dentre outros aspectos de alta complexidade de previsão.

Neste sentido, sabe-se que faz parte do planejamento das empresas elaborar estratégias baseadas em demandas futuras. Assim, não se deve prescindir de um planejamento de estoques adequado para uma gestão logística eficiente dentro do contexto do agronegócio. Isso fica ainda mais claro quando se leva em consideração os custos associados na manutenção adequada do estoque.

Para DIAS (2009, p. 284), "um eficiente sistema de controle de estoque é elemento básico em todas as fases de desenvolvimento, planejamento e administração das empresas comerciais e industriais". Dessa esteira de pensamento, infere-se que o responsável em gerir o estoque deve dispor, a qualquer tempo, de informações precisas sobre o estoque de sua responsabilidade. Essa disponibilidade de dados e informação somente poderá ser alcançado quando a empresa dispuser de um sistema eficiente que possa fornecer os dados com a precisão almejada.

Por tudo isso, de modo a entender qual o estado da arte em relação aos métodos e parâmetros usados para aferição do volume contido em um silo, este trabalho pretende identificar e compreender, junto à comunidade científica, experimentos que porventura já tenham sido desenvolvidos visando a descoberta do volume em um silo. Esta revisão também tem como escopo a identificação de trabalhos que tenham como foco de pesquisa o entendimento dos diversos fenômenos que ocorrem dentro dos silos. É o caso da distribuição natural dos grãos dentro dos silos durante o seu carregamento e descarregamento, pois nestes momentos ocorrem a formação de superfícies disformes e cônicas, as quais inviabilizam um processo de medição preciso para o volume de grãos dentro do silo.

2. Métodos

Tendo em vista o grande volume de informação disponível sobre trabalhos acadêmicos, é necessário dispor de meios que possam viabilizar uma pesquisa direcionada sobre um assunto específico. Tais meios, ao final da revisão, facilitarão a investigação e posterior conclusão sobre o estado da arte a respeito das pesquisas anteriormente desenvolvidas para verificação dos fenômenos ocorridos dentro de um silo e, assim, apoiarão projetos futuros

na procura de métodos para aferição do volume de grãos dentro dos diversos tipos de silos hoje disponíveis na indústria.

Para o desenvolvimento deste trabalho, foram feitas pesquisas em bancos de dados onde podem ser acessados artigos científicos publicados em jornais e revistas acadêmicas, os quais estão indexados de maneira intuitiva, podendo ser acessados através de palavras chaves com conectivos indexadores.

Como fonte das escolhas dos artigos, optou-se pelas plataformas de pesquisas *SCOPUS*, *WEB OF SCIENCE* e *SCIENCE DIRECT* disponíveis em seus sítios da internet conforme tabela 1 apresentada abaixo:

Plataforma De Pesquisa	Endereço Eletrônico
<i>Scopus</i>	https://www.scopus.com/home.uri
<i>Web of Science</i>	https://www-periodicos-capes-gov-br.ez48.periodicos.capes.gov.br/index.php?option=com_pmetabusca
<i>Science Direct</i>	https://www.sciencedirect.com/

Fonte: Autoria própria

Tabela 1 – Plataformas de pesquisa

O primeiro, o *SCOPUS*, é um banco de dados de resumos e citações de artigos, que fornece uma visão geral dos 20 artigos mais citados nos últimos 3 anos sobre determinado assunto. Já o *WEB OF SCIENCE* fornece acesso baseado na indexação de vários bancos de dados, os quais abrangem citações de diversas áreas, para isso, disponibiliza uma ferramenta de pesquisa unificadora. Por último, o *SCIENCE DIRECT* é uma plataforma de pesquisa onde podem ser acessadas revistas científicas e e-books. O acesso aos resumos dos artigos é livre, já o texto completo de alguns é *pay-per-view*.

3. Resultados

Deve-se determinar critérios para a escolha dos artigos que comporão a revisão. O processo de estabelecimentos de critérios de inclusão e exclusão tem como finalidade a construção da amostra de documentos.

Nas plataformas de pesquisa citadas anteriormente, foram feitas pesquisas exploratórias, sem nenhum tipo de indexador ou palavra chave. Este método se demonstrou inviável, tendo em vista o gigantesco número de informações disponíveis nas bases *on-line* escolhidas para as pesquisas.

Decidiu-se então utilizar a metodologia de submissão de palavras chaves para filtrar os artigos de interesse na base de dados dos três sítios da internet, *SCOPUS*, *WEB OF SCIENCE* e *SCIENCE DIRECT*. Cabe esclarecer que não houve critérios de aceitação/exclusão com relação à língua na qual o artigo fora escrito, tampouco com um recorte temporal específico, apesar de se dar preferência aos artigos mais recentes.

Desta forma, dividiu-se a busca de modo a identificar (IDENTIFICAÇÃO) os artigos e depois de se refinar a busca com palavras de interesse para a seleção (ELEGIBILIDADE) dos artigos que passariam por uma triagem mais detalhada em um segundo momento. Chegou-se aos números conforme tabelas 2 a 4 a seguir:

Como resultados das Buscas no *SCOPUS* foram IDENTIFICADOS 11.567 artigos e ELEITOS 52

artigos (Tabela 2):

Termos Usados na Busca	Número Total de Artigos
Busca 01: SILO	11.567
Busca 02: SILO and VOLUME	447
Busca 03: SILO and VOLUME and GRAINS	52

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 – Resultado das buscas no SCOPUS

Como resultados das Buscas no WEB OF SCIENCE foram IDENTIFICADOS 7.248 artigos e ELEITOS 33 artigos (Tabela 3):

Termos Usados na Busca	Número Total de Artigos
Busca 01: SILO	7.248
Busca 02: SILO and VOLUME	217
Busca 03: SILO and VOLUME and GRAINS	33

Fonte: Autoria própria

Tabela 3 – Resultado das buscas no WEB OF SCIENCE

Como resultados das Buscas no SCIENCE DIRECT foram IDENTIFICADOS 6.179 artigos e ELEITOS 44 artigos (Tabela 4):

Termos Usados na Busca	Número Total de Artigos
Busca 01: SILO	6.179
Busca 02: "SILO VOLUME"	44

Fonte: Autoria própria

Tabela 4 – Resultado das buscas no SCIENCE DIRECT

Após a seleção feita através dos termos de busca conforme acima descrito, verificou-se que o número de artigos ainda era demasiadamente grande (SCOPUS 52, WEB OF SCIENCE 33 e SCIENCEDIRECT 44). Assim, continuou-se por uma seleção mais detalhada colocando-se como critério de aceitação/exclusão, artigos que, após a leitura dos títulos e dos resumos, estavam ou não diretamente relacionados com a intenção das buscas. Ou seja, foram aceitos os artigos que apresentassem métodos e/ou experimentos para a verificação do volume de grãos contidos dentro de um silo, bem como àqueles que analisassem parâmetros (densidade do grão, temperatura do ambiente interno e externo ao silo, pressão exercida nas paredes dos silos, entre outros) os quais, de alguma forma, pudessem influenciar na busca pelo mencionado volume.

A ordem da leitura dos títulos e resumos dos artigos seguiu a mesma ordem da apresentação das tabelas acima, qual seja, (SCOPUS, WEB OF SCIENCE e SCIENCEDIRECT). Sempre que se encontrava um artigo que já havia sido encontrado na plataforma anterior, este era retirado da lista, sendo este mais um critério de exclusão.

Um outro critério utilizado para aceitação/exclusão, foi verificar, na plataforma SUCUPIRA, o Qualis da revista onde o artigo fora publicado, fixando como fator delimitador para sua aceitação, os artigos com Qualis iguais ou superiores a B2 nas áreas Interdisciplinar, Ciência

da Computação e afins.

Cabe aqui esclarecer que a plataforma SUCUPIRA da CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) do Ministério da Educação disponibiliza uma ferramenta de pesquisa, Qualis Periódicos, a qual classifica a produção científica dos programas de pós-graduação referente aos artigos publicados em periódicos científicos, aferindo-se a qualidade dos artigos e outros tipos de produção.

No decorrer da seleção dos artigos, constatou-se que o número de artigos selecionado pelo critério qualitativo (Qualis B2) foi muito baixo para o que se propunha a revisão sistemática. Decidiu-se então pela aceitação de mais 4 artigos que, apesar do Qualis considerado baixo, tratavam de experimentos e métodos com relevância intrínseca para o cálculo do volume de grãos dentro de um silo.

No intuito de corroborar a qualidade da escolha dos artigos, além da consulta feita na plataforma SUCUPIRA, também decidiu-se pesquisar e avaliar, sempre que possível, os indicadores das revistas e periódicos nos sítios do SJR (Scimago Journal & Country Rank) e do JCR (JOURNAL CITATION REPORTS). O endereço eletrônico para pesquisa são mostrados na Tabela 5.

Plataforma De Pesquisa	Endereço Eletrônico
SJR	https://www.scimagojr.com/journalrank.php
JCR	http://login.webofknowledge.com

Fonte: Autoria própria

Tabela 5 – Plataformas de pesquisas de indicadores

O SJR (Scimago Journal & Country Rank) é uma página na internet onde se pode ter acesso, de forma gratuita, aos indicadores sobre a biblioteca contida na base de dados *SCOPUS*. Tais indicadores estão relacionados à média do número de citações recebidas nos últimos 3 anos que antecedem o ano analisado, levando em consideração a origem da citação e o comportamento de citação de cada área do conhecimento.

O JCR (JOURNAL CITATION REPORTS), por sua vez, divulga anualmente o fator de impacto das revistas indexadas na coleção principal do *WEB OF SCIENCE*. Este fator de impacto é gerado analisando e comparando o desempenho de periódicos por meio de dados de publicação e de citação.

Ultrapassada a fase de escolha dos artigos, restou decidido que seriam analisados 6 artigos retirados do *SCOPUS*, 4 artigos extraídos do *WEB OF SCIENCE* e 4 do *SCIENCE DIRECT*.

Na figura 1, vê-se um gráfico de fluxo onde se sintetiza a estratégia e resultados para a inclusão dos artigos para esta revisão sistemática.

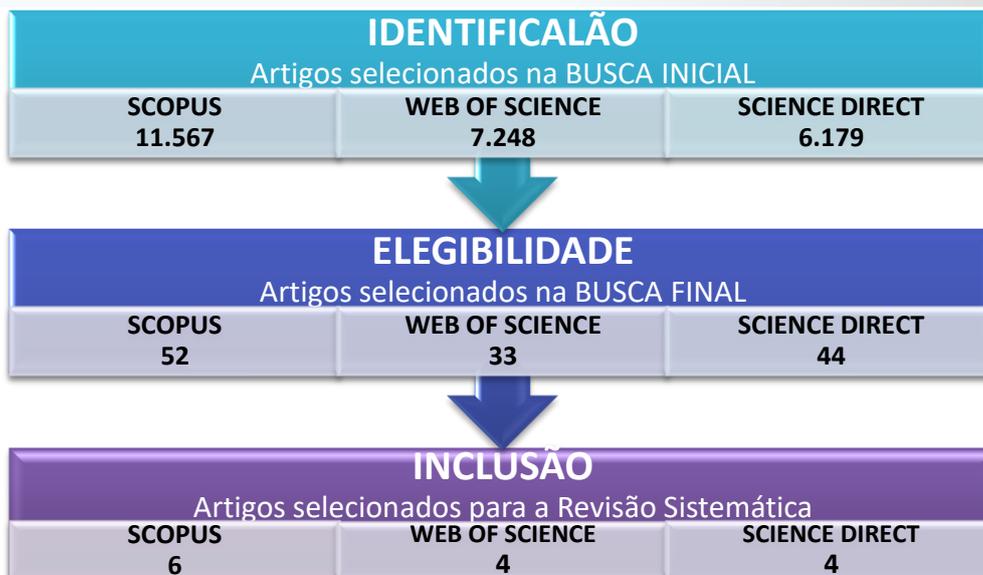


Figura 1 – Gráfico de fluxo para a inclusão dos artigos para esta revisão sistemática

O número de artigos eleitos para a revisão sistemática e suas classificações conforme o Qualis estão demonstradas nos gráficos das Figuras 2 e 3:

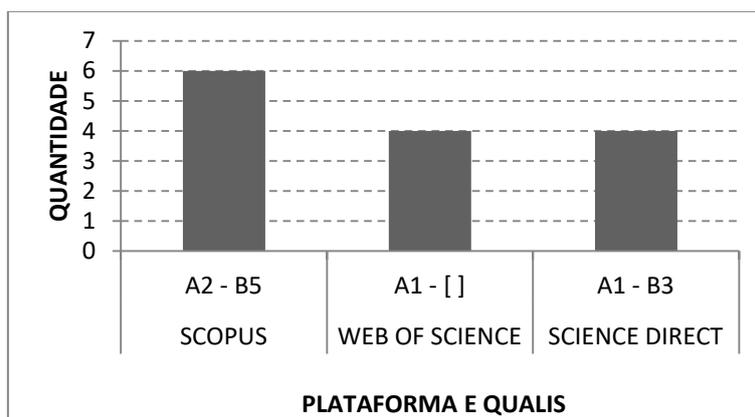


Figura 2 – Quantidade de artigos por plataforma de pesquisa

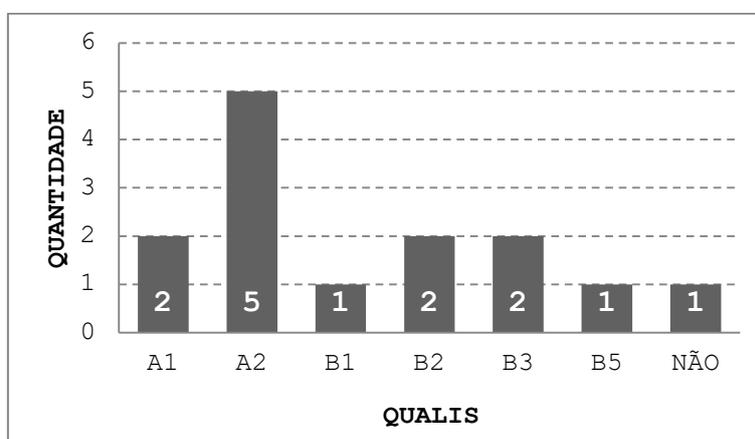


Figura 3 – Quantidade de artigos por Qualis

FONTE	QUALIS	ANO	REVISTA	TÍTULO DO ARTIGO
SCOPUS	A2	2018	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE	A novel compressed sensing based quantity measurement method for grain silos
SCOPUS	A2	1982	JOURNAL OF DAIRY SCIENCE	Evaluation of a Model Laboratory Silo
SCOPUS	B1	2014	ACTA SCIENTIARUM - AGRONOMY	Effective engineering properties in the design of storage structures of postharvest dry bean grain
SCOPUS	B2	2017	TROPICAL GRASSLANDS-FORRAJES TROPICALES	A simple method for determining maize silage density on farms
SCOPUS	B3	2018	MATHEMATICAL PROBLEMS IN ENGINEERING	Investigation on the Non-Uniform Temperature Distribution of Large-Diameter Concrete Silos under Solar Radiation
SCOPUS	B5	2017	EPJ WEB OF CONFERENCES	Influence of particle size in silo discharge
WEB OF SCIENCE	A1	2017	SOFT MATTER	Outflow and clogging of shape-anisotropic grains in hoppers with small apertures
WEB OF SCIENCE	A2	2017	PHYSICAL REVIEW E	Surface depression with double-angle geometry during the discharge of grains from a silo
WEB OF SCIENCE	B2	2018	ACTA TECHNICA NAPOCENSIS SERIES-APPLIED MATHEMATICS MECHANICS AND ENGINEERING	Structural Analysis Of Corn Silo By Computing Vertical And Lateral Forces
WEB OF SCIENCE	NÃO	2016	2016 DYNAMICS OF SYSTEMS, MECHANISMS AND MACHINES (DYNAMICS)	Design of the granary technological process control subsystem for monitoring of the grain volume in a silo
SCIENCE DIRECT	A1	2009	JOURNAL OF FOOD ENGINEERING	Silo flow-pattern diagnosis using the tracer method
SCIENCE DIRECT	A2	2015	COMPUTERS AND ELECTRONICS IN AGRICULTURE	Simulation of silo filling and discharge using ANSYS and comparison with experimental data
SCIENCE DIRECT	A2	2017	BIOSYSTEMS ENGINEERING	Model for the prediction of grain density and pressure distribution in hopper-bottom silos
SCIENCE DIRECT	B3	2010	FLOW MEASUREMENT AND INSTRUMENTATION	Description of the silo flow and bulk solid pulsation detection using ECT

Fonte: Autoria própria

Tabela 6 – Relação dos artigos eleitos para a Revisão Sistemática

Finalizadas as fases de IDENTIFICAÇÃO, ELEGIBILIDADE e INCLUSÃO, passou-se a uma leitura mais detalhada dos artigos para a montagem do panorama em que se encontram as pesquisas e experimentos conforme o escopo estabelecido para esta revisão.

Ao final do processo escolha, vê-se na tabela 6 os título dos artigos eleitos para a revisão sistemática. Na tabela pode ser correlacionada a respectiva plataforma de pesquisa, o Qualis, o ano de publicação e a revista onde os artigos foram publicados.

4. Discussão

A partir dos resultados das leituras detalhada dos artigos eleitos, constata-se que são poucos os trabalhos que visam especificamente a mensuração do volume dentro de um silo. Apenas dois artigos foram encontrados com tal finalidade. Um deles foi encontrado na pesquisa feita na base da *SCOPUS* e outro na base da *WEB OF SCIENCE*.

O primeiro trabalho (YIGIT, 2018) é um experimento que se propõe à aferir o volume de grãos dentro de um silo lançando mão da adaptação de radares de passagem para medição de nível, montando para isso uma expressão heurística de volume usando a altura de cada ponto da superfície de grãos dentro de um silo de teste comercial.

Já o segundo trabalho (ASTAPENCKO et al., 2016) propõe o desenvolvimento de um sistema automatizado de informações para o monitoramento de um silo com base em medições de parâmetros de imagem tridimensionais (3D). Para isso, o trabalho apresenta os algoritmos, métodos e meios de processamento de informações sobre as coordenadas espaciais dos pontos de superfície formados no silo como resultado de seu preenchimento. O trabalho não limita a maneira como a nuvem de pontos da superfície dos grãos poderá ser tomada. Porém essa informação é essencial para a delimitação da superfície de grãos e, os autores, afirmam que os pontos podem ser tomados de forma manual ou por meio de dispositivos sensoriais (lidar, telêmetros, etc.). Quanto mais densa for a nuvem de pontos, maior será o resultado dos cálculos. Em contrapartida, a maior quantidade de pontos aumenta sobremaneira o processamento necessário para o tratamento dos dados gerando uma informação consistente e precisa.

Com exceção dos dois trabalhos citados acima, os demais artigos tratam de assuntos correlatos ao objetivo primordial desta revisão sistemática, ou seja, encontrar pesquisas relacionadas ao estudo do volume de grãos dentro do silo. Estes trabalhos, apesar de não tratarem especificamente do volume de grãos, ajudarão pesquisadores que se propuserem a estudar sobre a mensuração do volume dentro do silo ou ao estudo dos parâmetros e fenômenos que ocorrem internamente nos silos.

Os parâmetros estudados nos artigos são: densidade, temperatura, pressão e vazão dos grãos. Também, como foi dito, foram observados que existem alguns experimentos que restaram na elaboração de artigos que analisam o comportamento dos grãos dentro do silo, bem como a formação de superfícies cônicas no momento do seu carregamento e descarregamento.

Outro artigo, (HAG et al., 1982), que apesar de ser mais antigo, foi escolhido devido ser um estudo de grande interesse para esta revisão, pois trata especificamente da verificação de diversos parâmetros em um silo teste especificamente desenvolvido para este fim.

5. Conclusão

Como resultado da revisão sistemática, pode-se ter uma visão mais clara de como se encontram os estudos científicos na área em que se decidiu pesquisar. Podendo agora ter uma visão do estado da arte em relação às pesquisas voltadas para a mensuração do volume contido dentro de um silo. Chegando à conclusão de que ainda são incipientes as pesquisas sobre assunto no meio científico. Isso parece ter reflexo evidente na realidade dos armazéns de grãos, pois são grandes as imprecisões das informações de estoque.

Verificou-se que existem ferramentas que ajudam no desenvolvimento de uma pesquisa de forma mais eficaz e organizada, como exemplo, citam-se as ferramentas de buscas usadas para a investigação neste trabalho. São ferramentas de fácil aprendizagem e uso amigável. Tais ferramentas devem ser utilizadas de modo crítico, ou seja, antes do seu uso, é imprescindível um bom planejamento do modo e o que se pretende investigar.

Esta revisão sistemática contribui para um enquadramento teórico e dá suporte a análise de dados para futuras pesquisas. Como trabalho de revisão, pode ser usado e disseminado na comunidade acadêmica ajudando na formulação de questões e tomadas de decisões, formando assim o conhecimento sobre as pesquisas já realizadas sobre a mensuração de volume dentro de um silo.

Referências

ASHOUR, A. et al. Outflow and clogging of shape-anisotropic grains in hoppers with small apertures. **Soft Matter**, [s.l.], v. 13, n. 2, p.402-414, 2017. Royal Society of Chemistry (RSC). <http://dx.doi.org/10.1039/c6sm02374f>.

ASTAPENKO, N. V.; KOSHEKOV, K. T.; PETROV, P. A.. Design of the granary technological process control subsystem for monitoring of the grain volume in a silo. **2016 Dynamics Of Systems, Mechanisms And Machines (dynamics)**, [s.l.], nov. 2016. IEEE. <http://dx.doi.org/10.1109/dynamics.2016.7818971>.

BOGREKCI, Ismail; SUCUOGLU, Hilmi; DEMIRCIOGLU, Pinar; TURHANLAR Ogulcan. Structural Analysis of Corn Silo by Computing Vertical and Lateral Forces. **Acta Technica Napocensis Series-Applied Mathematics Mechanics and Engineering**. v. 61. n 03. 2018.

CHENG, Xuduo et al. Model for the prediction of grain density and pressure distribution in hopper-bottom silos. **Biosystems Engineering**, [s.l.], v. 163, p.159-166, nov. 2017. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.006>.

DIAS, Marco Aurélio P. **Administração de materiais: princípios, conceitos e gestão**. 6. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2009.

GALLEGO, Eutiquio; RUIZ, Angel; AGUADO, Pedro J.. Simulation of silo filling and discharge using ANSYS and comparison with experimental data. **Computers And Electronics In Agriculture**, [s.l.], v. 118, p.281-289, out. 2015. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2015.09.014>.

GELLA, Diego; MAZA, Diego; ZURIGUEL, Iker. Influence of particle size in silo discharge. **Epj Web Of Conferences**, [s.l.], v. 140, 2017. EDP Sciences. <http://dx.doi.org/10.1051/epjconf/201714003021>.

GRUDZIEN, Krzysztof et al. Description of the silo flow and bulk solid pulsation detection using ECT. **Flow Measurement And Instrumentation**, [s.l.], v. 21, n. 3, p.198-206, set. 2010.

Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.flowmeasinst.2009.12.006>.

HAG, M.g. El et al. Evaluation of a Model Laboratory Silo. **Journal Of Dairy Science**, [s.l.], v. 65, n. 2, p.250-258, fev. 1982. American Dairy Science Association. [http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302\(82\)82184-x](http://dx.doi.org/10.3168/jds.s0022-0302(82)82184-x).

HONG, Yuh Ching. **Gestão de estoques na cadeia de logística integrada: supply chain**. 3. ed. São Paulo, SP: Atlas, c2006.

JOB, Nathalie; DARDENNE, Albert; PIRARD, Jean-paul. Silo flow-pattern diagnosis using the tracer method. **Journal Of Food Engineering**, [s.l.], v. 91, n. 1, p.118-125, mar. 2009. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2008.08.010>.

KIBAR, Hakan; ÖZTÜRK, Turgut; TEMIZEL, Kadir Ersin. Effective engineering properties in the design of storage structures of postharvest dry bean grain. **Acta Scientiarum. Agronomy**, [s.l.], v. 36, n. 2, p.147-159, 29 abr. 2014. Universidade Estadual de Maringa. <http://dx.doi.org/10.4025/actasciagron.v36i2.19394>.

KRÜGER, Ana Maria et al. A simple method for determining maize silage density on farms. **Tropical Grasslands-forrajes Tropicales**, [s.l.], v. 5, n. 2, 2017. Centro Internacional de Agricultura Tropical. [http://dx.doi.org/10.17138/tgft\(5\)94-99](http://dx.doi.org/10.17138/tgft(5)94-99).

PACHECO-VÁZQUEZ, F.; RAMOS-REYES, A. Y.; HIDALGO-CABALLERO, S.. Surface depression with double-angle geometry during the discharge of grains from a silo. **Physical Review e**, [s.l.], v. 96, n. 2, 8 ago. 2017. American Physical Society (APS). <http://dx.doi.org/10.1103/physreve.96.022901>.

YIGIT, Enes. A novel compressed sensing based quantity measurement method for grain silos. **Computers And Electronics In Agriculture**, [s.l.], v. 145, p.179-186, fev. 2018. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.compag.2017.12.041>.

ZHAO, Liang; YANG, Zhiyong; WANG, Lijie. Investigation on the Non-Uniform Temperature Distribution of Large-Diameter Concrete Silos under Solar Radiation. **Mathematical Problems In Engineering**, [s.l.], v. 2018, p.1-16, 23 out. 2018. Hindawi Limited. <http://dx.doi.org/10.1155/2018/5304974>.