



# CADEIAS PRODUTIVAS e novas tecnologias:

Aspectos econômicos,  
ecológicos e sociais

Renato Jaqueto Goes  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



# CADEIAS PRODUTIVAS e novas tecnologias:

Aspectos econômicos,  
ecológicos e sociais

Renato Jaqueto Goes  
(Organizador)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021

**Editora chefe**

Profª Drª Antonella Carvalho de Oliveira

**Editora executiva**

Natalia Oliveira

**Assistente editorial**

Flávia Roberta Barão

**Bibliotecária**

Janaina Ramos

**Projeto gráfico**

Camila Alves de Cremo

Luiza Alves Batista

Maria Alice Pinheiro

Natália Sandrini de Azevedo

**Imagens da capa**

iStock

**Edição de arte**

Luiza Alves Batista

2021 by Atena Editora

Copyright © Atena Editora

Copyright do texto © 2021 Os autores

Copyright da edição © 2021 Atena Editora

Direitos para esta edição cedidos à Atena Editora pelos autores.

Open access publication by Atena Editora



Todo o conteúdo deste livro está licenciado sob uma Licença de Atribuição *Creative Commons*. Atribuição-Não-Comercial-NãoDerivativos 4.0 Internacional (CC BY-NC-ND 4.0).

O conteúdo dos artigos e seus dados em sua forma, correção e confiabilidade são de responsabilidade exclusiva dos autores, inclusive não representam necessariamente a posição oficial da Atena Editora. Permitido o *download* da obra e o compartilhamento desde que sejam atribuídos créditos aos autores, mas sem a possibilidade de alterá-la de nenhuma forma ou utilizá-la para fins comerciais.

Todos os manuscritos foram previamente submetidos à avaliação cega pelos pares, membros do Conselho Editorial desta Editora, tendo sido aprovados para a publicação com base em critérios de neutralidade e imparcialidade acadêmica.

A Atena Editora é comprometida em garantir a integridade editorial em todas as etapas do processo de publicação, evitando plágio, dados ou resultados fraudulentos e impedindo que interesses financeiros comprometam os padrões éticos da publicação. Situações suspeitas de má conduta científica serão investigadas sob o mais alto padrão de rigor acadêmico e ético.

**Conselho Editorial****Ciências Agrárias e Multidisciplinar**

Prof. Dr. Alexandre Igor Azevedo Pereira – Instituto Federal Goiano

Prof. Dr. Arinaldo Pereira da Silva – Universidade Federal do Sul e Sudeste do Pará

Prof. Dr. Antonio Pasqualetto – Pontifícia Universidade Católica de Goiás

Profª Drª Carla Cristina Bauermann Brasil – Universidade Federal de Santa Maria

Prof. Dr. Cleberton Correia Santos – Universidade Federal da Grande Dourados

Profª Drª Diocléa Almeida Seabra Silva – Universidade Federal Rural da Amazônia

Prof. Dr. Écio Souza Diniz – Universidade Federal de Viçosa

Prof. Dr. Fábio Steiner – Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul  
Prof. Dr. Fágner Cavalcante Patrocínio dos Santos – Universidade Federal do Ceará  
Profª Drª Girlene Santos de Souza – Universidade Federal do Recôncavo da Bahia  
Prof. Dr. Jael Soares Batista – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Jayme Augusto Peres – Universidade Estadual do Centro-Oeste  
Prof. Dr. Júlio César Ribeiro – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Profª Drª Lina Raquel Santos Araújo – Universidade Estadual do Ceará  
Prof. Dr. Pedro Manuel Villa – Universidade Federal de Viçosa  
Profª Drª Raissa Rachel Salustriano da Silva Matos – Universidade Federal do Maranhão  
Prof. Dr. Ronilson Freitas de Souza – Universidade do Estado do Pará  
Profª Drª Talita de Santos Matos – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro  
Prof. Dr. Tiago da Silva Teófilo – Universidade Federal Rural do Semi-Árido  
Prof. Dr. Valdemar Antonio Paffaro Junior – Universidade Federal de Alfenas

# Cadeias produtivas e novas tecnologias: aspectos econômicos, ecológicos e sociais

**Diagramação:** Maria Alice Pinheiro  
**Correção:** Flávia Roberta Barão  
**Indexação:** Gabriel Motomu Teshima  
**Revisão:** Os autores  
**Organizador:** Renato Jaqueto Goes

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

C122 Cadeias produtivas e novas tecnologias: aspectos econômicos, ecológicos e sociais / Organizador Renato Jaqueto Goes. – Ponta Grossa - PR: Atena, 2021.

Formato: PDF

Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader

Modo de acesso: World Wide Web

Inclui bibliografia

ISBN 978-65-5983-535-5

DOI: <https://doi.org/10.22533/at.ed.355210410>

1. Logística empresarial. 2. Cadeias produtivas. I. Goes, Renato Jaqueto (Organizador). II. Título.

CDD 658.5

Elaborado por Bibliotecária Janaina Ramos – CRB-8/9166

**Atena Editora**

Ponta Grossa – Paraná – Brasil

Telefone: +55 (42) 3323-5493

[www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)

[contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)

## DECLARAÇÃO DOS AUTORES

Os autores desta obra: 1. Atestam não possuir qualquer interesse comercial que constitua um conflito de interesses em relação ao artigo científico publicado; 2. Declaram que participaram ativamente da construção dos respectivos manuscritos, preferencialmente na: a) Concepção do estudo, e/ou aquisição de dados, e/ou análise e interpretação de dados; b) Elaboração do artigo ou revisão com vistas a tornar o material intelectualmente relevante; c) Aprovação final do manuscrito para submissão; 3. Certificam que os artigos científicos publicados estão completamente isentos de dados e/ou resultados fraudulentos; 4. Confirmam a citação e a referência correta de todos os dados e de interpretações de dados de outras pesquisas; 5. Reconhecem terem informado todas as fontes de financiamento recebidas para a consecução da pesquisa; 6. Autorizam a edição da obra, que incluem os registros de ficha catalográfica, ISBN, DOI e demais indexadores, projeto visual e criação de capa, diagramação de miolo, assim como lançamento e divulgação da mesma conforme critérios da Atena Editora.

## DECLARAÇÃO DA EDITORA

A Atena Editora declara, para os devidos fins de direito, que: 1. A presente publicação constitui apenas transferência temporária dos direitos autorais, direito sobre a publicação, inclusive não constitui responsabilidade solidária na criação dos manuscritos publicados, nos termos previstos na Lei sobre direitos autorais (Lei 9610/98), no art. 184 do Código Penal e no art. 927 do Código Civil; 2. Autoriza e incentiva os autores a assinarem contratos com repositórios institucionais, com fins exclusivos de divulgação da obra, desde que com o devido reconhecimento de autoria e edição e sem qualquer finalidade comercial; 3. Todos os e-book são *open access*, *desta forma* não os comercializa em seu site, sites parceiros, plataformas de *e-commerce*, ou qualquer outro meio virtual ou físico, portanto, está isenta de repasses de direitos autorais aos autores; 4. Todos os membros do conselho editorial são doutores e vinculados a instituições de ensino superior públicas, conforme recomendação da CAPES para obtenção do Qualis livro; 5. Não cede, comercializa ou autoriza a utilização dos nomes e e-mails dos autores, bem como nenhum outro dado dos mesmos, para qualquer finalidade que não o escopo da divulgação desta obra.

## APRESENTAÇÃO

“Cadeias produtivas e novas tecnologias: Aspectos econômicos, ecológicos e sociais” é uma obra que possui como enfoque central a discussão científica utilizando para isso, trabalhos diversos que constituem seus capítulos. O volume irá abordar de forma interdisciplinar e categorizada trabalhos, pesquisas, relatos de casos e/ou revisões que transitam nos vários caminhos da agricultura, pecuária e ensino.

O objetivo desta obra foi apresentar de forma categorizada e clara estudos desenvolvidos em várias instituições de ensino, pesquisa e extensão do Brasil e do mundo. Em todos esses trabalhos a linha condutora foi o aspecto relacionado à importância de cadeias produtivas e aplicação de novas tecnologias nos meios de produção para que os tornem mais eficientes, tanto no aspecto econômico, ecológico e social. A manutenção da competitividade dos sistemas agropecuários tem sido uma constante preocupação para a sociedade. A produção de grãos, carne e leite deve ser realizada de forma a maximizar a eficiência produtiva da propriedade agrícola sem afetar de maneira definitiva o ambiente.

Temas variados e interessantes são, deste modo, discutidos aqui com a proposta de fundamentar o conhecimento de acadêmicos, mestres e todos aqueles que de alguma forma se interessam pelo assunto. Possuir um material que demonstre algumas práticas que maximize a produção da propriedade rural é de extrema relevância, assim como abordar alguns temas atualizados de interesse pedagógico e científico.

Deste modo a obra “Cadeias produtivas e novas tecnologias: Aspectos econômicos, ecológicos e sociais” apresenta uma teoria bem fundamentada nos resultados práticos obtidos pelos diversos professores e acadêmicos que arduamente desenvolveram seus trabalhos que aqui serão apresentados de maneira concisa e didática. Sabemos o quão importante é a divulgação científica, por isso evidenciamos também a estrutura da Atena Editora capaz de oferecer uma plataforma consolidada e confiável para estes pesquisadores exporem e divulguem seus resultados.

Renato Jaqueto Goes

## SUMÁRIO

### **CAPÍTULO 1..... 1**

ANÁLISE RETROSPECTIVA DA FEBRE AFTOSA E DAS ATIVIDADES DO PROGRAMA NACIONAL DE VIGILÂNCIA PARA A FEBRE AFTOSA (PNEFA)

Helen Cassia dos Santos

Gustavo Maciel Elias

João Sávio Andrade Alves

Elisama Dias

Mayra Araguaia Pereira Figueredo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104101>

### **CAPÍTULO 2..... 12**

ANÁLISE TEMPORAL DE REGIÕES COM POTENCIAL AGRÍCOLA NA BAIXADA FLUMINENSE (1994-2019)

Vitória Côrtes da Silva Souza de Oliveira

Anderson Gomide Costa

Rafael Alvarenga Almeida

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104102>

### **CAPÍTULO 3..... 22**

APICULTURA DIDÁTICA: EXPERIÊNCIA SOBRE A VIVÊNCIA EM AGROECOLOGIA NO APIÁRIO DA UFRB

Kayque Ramom Bezerra Pereira

Geni da Silva Sodré

Alane Amorim Barbosa Dias

Journei Pereira dos Santos

Renecleide Viana dos Santos

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104103>

### **CAPÍTULO 4..... 29**

APLICAÇÃO DA NORMA ACI 313 (1997) NO DIMENSIONAMENTO DE SILOS MULTICELULARES ELEVADOS DE CONCRETO ARMADO PARA CAFÉ

Hellen Pinto Ferreira Deckers

Francisco Carlos Gomes

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104104>

### **CAPÍTULO 5..... 44**

APLICAÇÃO DE LAMA DE FOSFATO COMO FONTE DE FÓSFORO PARA PRODUÇÃO DE MUDAS DE CAFÉ (*Coffea arabica* L.)

Amanda de Souza Costa

José Roberto de Paula

Tháís Helena de Oliveira Norte

Fernando Soares Lameiras

Fernando Augusto Moreira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104105>

**CAPÍTULO 6..... 57**

AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO INICIAL DE TOMATE (*Solanum lycopersicum*),  
ORGÂNICO E CONVENCIONAL SUBMETIDO AO ESTRESSE SALINO

Franciele Mara Lucca Zanardo Bohm

Fernanda Alexia dos Santos Giraldelli

Paulo Alfredo Feitoza Bohm

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104106>

**CAPÍTULO 7..... 69**

ECOPHYSIOLOGICAL CHARACTERIZATION OF SORGHUM GENOTYPES SUBMITTED  
TO WATER DEFICIT TOLERANCE

Maria Lúcia Ferreira Simeone

Paulo César Magalhães

Newton Portilho Carneiro

Carlos César Gomes Júnior

Roniel Geraldo Avila

Thiago Corrêa de Souza

Antônio Carlos de Oliveira

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104107>

**CAPÍTULO 8..... 84**

ESTUDO HEMATOLÓGICO DE TAMBAQUI (*Colossoma macropomum*) CAPTURADOS  
EM DOIS PESQUE-PAGUE DA REGIÃO DE ROLIM DE MOURA, RO

Wilson Gómez Manrique

Mayra Araguaia Pereira Figueiredo

Gibrann Frederiko de Lima Raimundo

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104108>

**CAPÍTULO 9..... 96**

FISIOLOGIA REPRODUTIVA DA FÊMEA CAPRINA

Paula Magnabosco Secco

Carla Fredrichsen Moya

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.3552104109>

**CAPÍTULO 10..... 109**

MANUTENÇÃO DA PALHADA SOBRE O SOLO APÓS SEMEADURA COM ADUBAÇÃO A  
LANÇO, DISCO DUPLO E HASTE

Tiago Pereira da Silva Correia

Gabriela Greice Pereira

Alyne Ayla Rodrigues de Souza

Fhillipi Augusto Castro Maciel

Isabela Dias de Souza

Kamilla Saldanha Simão

 <https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041010>

<b>CAPÍTULO 11</b> .....	<b>114</b>
LA INVESTIGACIÓN UN PROCESO DE ENSEÑANZA EN LA FORMACIÓN INTEGRAL DE LOS INGENIEROS AGRÓNOMO EN PRODUCCIÓN MEDIANTE EL USO DE UNA PARCELA DEMOSTRATIVA	
José Luis Gutiérrez Liñán	
Carmen Aurora Niembro Gaona	
Alfredo Medina García	
María Candelaria Mónica Niembro Gaona	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041011">https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041011</a>	
<b>CAPÍTULO 12</b> .....	<b>124</b>
PROJETO DE SILO SECADOR DE GRÃOS PARA O PEQUENO PRODUTOR NA REGIÃO NOROESTE DE MINAS	
Adrieny Kerollen Alves Lopes	
Hellen Pinto Ferreira Deckers	
Marcelo Bastos Cordeiro	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041012">https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041012</a>	
<b>CAPÍTULO 13</b> .....	<b>139</b>
REGISTRO DE TÉCNICAS DA AGRICULTURA FAMILIAR PARA A INOVAÇÃO NO ARMAZENAMENTO DE GRÃOS	
Claiver Maciel de Souza	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041013">https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041013</a>	
<b>CAPÍTULO 14</b> .....	<b>150</b>
SEMEADURA DE MILHO VARIEDADE E HÍBRIDO: AMPLITUDE DE VARIAÇÃO DA DISTÂNCIA LONGITUDINAL ENTRE SEMENTES	
Tiago Pereira da Silva Correia	
Alyne Ayla Rodrigues de Souza	
Gabriela Greice Pereira	
Arthur Gabriel Caldas Lopes	
Wesley Matheus Cordeiro Fulgêncio Taveira	
Francisco Faggion	
 <a href="https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041014">https://doi.org/10.22533/at.ed.35521041014</a>	
<b>SOBRE O ORGANIZADOR</b> .....	<b>155</b>
<b>ÍNDICE REMISSIVO</b> .....	<b>156</b>

## APLICAÇÃO DA NORMA ACI 313 (1997) NO DIMENSIONAMENTO DE SILOS MULTICELULARES ELEVADOS DE CONCRETO ARMADO PARA CAFÉ

*Data de aceite: 21/09/2021*

*Data de submissão: 27/06/2021*

### Hellen Pinto Ferreira Deckers

Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri, ICA UFVJM  
Unaí – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/0066067112109904>

### Francisco Carlos Gomes

Universidade Federal de Lavras, – DEA UFLA  
Lavras – Minas Gerais  
<http://lattes.cnpq.br/9656483363249006>

**RESUMO:** Neste trabalho estabeleceu-se uma proposta de projeto estrutural de silos para café, considerando diferentes hipóteses de carregamento e descarga, a fim de contemplar o armazenamento a granel, movimentação e o transporte do produto, definindo assim, um modelo de silo multicelular de concreto armado vertical e elevado. O silo, com células geminadas tem capacidade para armazenar 1.500 sacas (132,35 m<sup>3</sup>) de café por célula, foi projetado com base na norma americana ACI 313 (1997), considerando a tremonha com formato em cunha. Com base nos resultados, determinou-se as áreas de armadura horizontais para as paredes do corpo do silo e da tremonha visando atender aos critérios de dimensionamento. Na região de transição entre as paredes do corpo do silo e da tremonha, de acordo com o critério de cálculo adotado pela norma DIN 1055-6 (2005) obteve-se um acréscimo de pressão de 59% nas

paredes do corpo do silo e de 43% na tremonha para a pressão adicional.

**PALAVRAS – CHAVE:** Fluxo de massa, concreto armado, projeto, pressão adicional, produto granular.

**ABSTRACT:** In this work, it was aimed to establish a proposal of structural project of storage for coffee, considering different hypotheses of full and empty cells was developed in order to contemplate the storage in bulk, motion and transport of the product, defining so, a model for the building of vertical and elevated reinforced concrete multicellular silo. The cells in twos-silo, with 1,500 bags (132.35 m<sup>3</sup>) of coffee per cell of storage capacity, was projected based on the American standard ACI 313 (1997), considering the wedge- type hopper. Based on the results, the areas of horizontal armor of the silo and of the hopper were determined aiming to meet the dimensioning criteria. In the transition region between the wall of the silo and hopper according to the calculation method adopted by the DIN 1055-6 (2005) gave a pressure increase of 59% on the walls of the silo and of 43% in the hopper for the additional pressure by.

**KEYWORDS:** Mass flow, reinforced concrete, design, additional pressure, granular product.

### 1 | INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de café, além de ser o maior exportador e o segundo mercado consumidor. Também começa a se destacar com a alta qualidade de

seus cafés torrado em grãos ou torrado e moído. No país, o estado de Minas Gerais, conta com uma produção de 23.344,1 mil sacas de café beneficiadas (CONAB, 2021).

No Brasil, devido à importância deste produto no mercado interno e externo tem levado os técnicos e projetistas a alternativa de armazenamento do produto a granel em silos herméticos (MARQUES NETO, 2011). A granelização do café permite uma melhor classificação do produto em lotes, elevando a qualidade e atendendo às várias exigências do mercado interno e externo. A verticalização das estruturas de armazenamento de café em unidade multicelular elevados otimiza o controle do processamento do produto. Apesar dos custos de implantação, estas estruturas existem uma série de vantagens durante o processamento que permitem taxas de amortização em curtos prazos.

Segundo LOPES NETO et al. (2012) o uso de silos tornou-se indispensável para que se mantenha a qualidade de produtos. Os silos apresentam as vantagens de poder armazenar grandes quantidades em espaço horizontal reduzido, além de poder controlar o estoque a fim de escolher o melhor momento de comercialização.

Sabe-se que uns dos principais obstáculos na produção de grãos é o desperdício ocasionado, pelas perdas pós-colheita, principalmente no que se refere à armazenagem. Uma solução prática para a redução dessas perdas é a implantação de silos corretamente projetados e construídos de forma a atender às necessidades do mercado agrícola (NASCIMENTO et al., 2009).

Atualmente, há uma tendência mundial de elaboração de projetos estruturais, adotando o critério de dimensionamento nos estados limites com o objetivo de realizar projetos mais seguros e econômicos. Desta forma, faz-se necessária a determinação mais precisa das ações que atuam nas estruturas dos silos (CHEUNG & CALIL JÚNIOR, 2009). Segundo CALIL JÚNIOR (1997), todas as propriedades dos produtos armazenados podem variar durante a vida útil do silo. Assim, de acordo com a norma australiana AS 3774 (1996), os parâmetros deverão ser determinados, de modo a delinear a faixa de variação com combinações mais desfavoráveis para cada caso.

No projeto de silos, as principais ações a serem consideradas são as provenientes dos produtos armazenados que exercem pressões nas paredes verticais e no fundo do silo. Na parede vertical atuam pressões perpendiculares, denominadas pressões horizontais ( $P_h$ ) e pressões de atrito do produto com a parede ( $P_w$ ). No fundo do silo, atuam pressões denominadas pressões verticais ( $P_v$ ).

Diferentes normas podem ser utilizadas para projetos de silos. Todas se baseiam em métodos teóricos e empíricos. A norma americana ACI 313 (1997) trata do dimensionamento de silos de concreto para o armazenamento de produtos granulares. Em vários estudos experimentais realizados até hoje se verificou que altas pressões ocorrem na transição do silo, no entanto, não são consideradas pela norma ACI 313 (1997). Esta constatação tem conduzido os calculistas à utilização da norma alemã DIN 1055-6 (2005), com adoção de pressões adicionais em situação de fluxo de massa.

Neste trabalho, procurou-se estabelecer uma proposta de projeto estrutural para silos destinados ao armazenamento de grãos de café em relação aos métodos já existentes. Desenvolveu-se uma proposta de dimensionamento, com diferentes hipóteses para células cheias e vazias, a fim de contemplar o armazenamento a granel, definindo um modelo para a execução de silo multicelular de concreto armado vertical elevado.

## 2 | MATERIAL E MÉTODOS

Foi projetado com base na norma americana ACI 313 (1997) um silo prismático de concreto armado multicelular vertical elevado para café tipo cereja descascado, sendo as células geminadas, com capacidade de armazenamento de 1.500 sacas ou 132,35 m<sup>3</sup> por célula.

O dimensionamento foi dividido em três etapas: determinação das propriedades físicas do café beneficiado, determinação da geometria da tremonha e projeto geométrico do silo.

### 2.1 Determinação das propriedades físicas do café beneficiado

Nesta fase foram utilizadas as propriedades físicas do café cereja descascado (cofeea arábica), determinadas no Laboratório de Madeira e Estruturas de Madeira, da Escola de Estruturas em São Carlos/SP (LAMEM/EESC/USP), de acordo com a metodologia proposta por MILANI (1993), utilizando o aparelho de cisalhamento TSG 70-140 (Jenike Shear Tester). O produto estudado apresentou teor de umidade de 12%, sendo que este foi determinado pelo método da estufa. Foram obtidos os seguintes valores, conforme Tabela 1.

Propriedades físicas	Inferior (i)	Superior (s)
Peso específico ( $\gamma$ )	6,75 kN m <sup>-3</sup>	6,88 kN m <sup>-3</sup>
Ângulo de atrito interno ( $\phi_i$ )	34,5°	36,0°
Efetivo ângulo de atrito interno ( $\phi_e$ )	35,0°	36,5°
Ângulo de atrito com a parede de concreto liso ( $\phi_w$ )	22,5°	23,5°
Ângulo de repouso ( $\phi_r$ )	29,0°	33,0°

Tabela 1. Propriedades físicas do café cereja descascado.

Para a determinação das características geométricas de silos, tremonhas e dimensões do orifício de descarga, deve-se direcionar especial atenção ao ângulo de atrito com a parede que representa o esforço de adesão entre o produto armazenado e a superfície do material da parede (LOPES NETO et al., 2007).

## 2.2 Determinação da geometria da tremonha

A norma ACI 313 (1997) aborda a utilização de tremonha tipo cunha ou cônica. Sendo assim, para silos prismáticos, de seção retangular e produto granular, optou-se pela tremonha em cunha.

Determinou-se a inclinação da parede e a dimensão mínima da boca de descarga, levando em consideração as propriedades físicas e de fluxo do café.

### a) Determinação da inclinação da parede

Escolhida a forma geométrica da tremonha, foi determinada a máxima inclinação da tremonha, assegurando o fluxo de massa, por meio gráfico (SCHULZE, 1996) e de cálculos (MCLEAN, 1986; GAYLORD JÚNIOR & GAYLORD, 1984).

A inclinação da tremonha foi determinada utilizando o ângulo de atrito interno com a parede ( $\phi_w$ ) e o efetivo ângulo de atrito interno ( $\phi_e$ ), resultando no projeto a inclinação da tremonha de 68°. O material utilizado na construção do silo é o concreto armado, classificado como material rugoso.

### b) Determinação da dimensão mínima da boca da tremonha

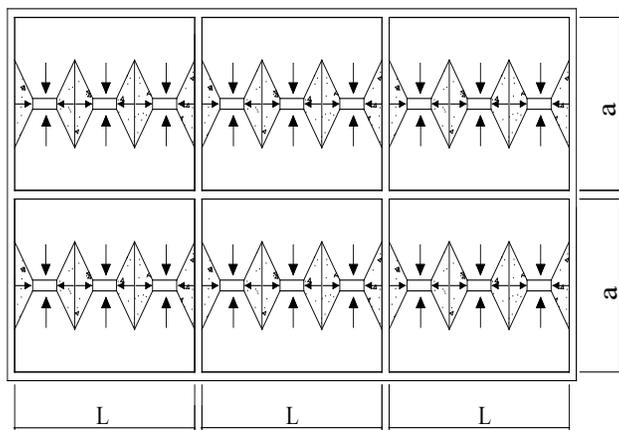
Para assegurar que no projeto de silos ocorra o fluxo de massa, determinou-se a mínima dimensão da boca de descarga ( $b_{min}$ ).

Atendendo às duas teorias propostas, JENIKE (1964) e GAYLORD JÚNIOR & GAYLORD (1984), a dimensão mínima da boca de saída da tremonha apresentou os mesmos valores para uma mesma tensão crítica. Foi adotado, **0,25 m** para a boca da tremonha ( $b_p$ ), atendendo, assim, à dimensão mínima da boca da tremonha ( $b_{min}$ ) igual a 0,23 m.

LOPES NETO et al. (2009), ao calcular a dimensão mínima do orifício de descarga, utilizando a teoria de JENIKE (1964), recomendam para o armazenamento de rações avícolas uma inclinação de tremonha e orifício de descarga mínimos de 65° e 0,43 m, respectivamente.

## 2.3 Projeto geométrico do silo

O projeto de edificação proposto consistiu de um silo vertical multicelular para armazenamento de café cereja descascado, com células geminadas, conforme Figura 1. As células apresentam a seção retangular e tremonha em cunha.



Planta baixa

Figura 1. Planta baixa para o armazenamento a granel do café.

Para o desenvolvimento do projeto foram considerados os sistemas operacionais para o transporte do produto, o enchimento das células, a transilagem e pesagem do produto tanto na entrada como na saída e o carregamento do café a granel nos caminhões transportadores.

Segundo NASCIMENTO (1996) e LOPES NETO et al. (2008) os silos verticais destacam-se pelo fato de facilitar a transilagem e proporcionar um melhor controle na operação dos equipamentos. Apesar dessas vantagens, silos verticais retangulares ainda são pouco utilizados, parte devido ao simples desconhecimento de seus benefícios, parte em razão da escassez de conhecimentos técnicos necessários ao seu projeto e construção.

### 3 I CONSIDERAÇÕES SOBRE A CAPACIDADE DA CÉLULA

Foi adotada a massa específica do café beneficiado de  $680 \text{ kg m}^{-3}$  e capacidade estática da célula de 1.500 sacas de café cereja beneficiado, resultando em um volume total da célula é de  $132,35 \text{ m}^3$ . Em relação à geometria, o silo foi classificado, pela relação altura efetiva do produto armazenado (H) e a maior dimensão (L) do corpo do silo, sendo silo baixo  $H/L = 1,85 \leq 2$  (ACI 313, 1997).

A definição da capacidade estática da célula foi baseada em MARQUES NETO (2011). O autor relata que dificilmente será projetado um sistema de silos graneleiros para café beneficiado com capacidade menor que 1.500 sacas por célula, pois os custos de construção e de mecanização seriam muito altos em relação à capacidade armazenadora (Figura 2).

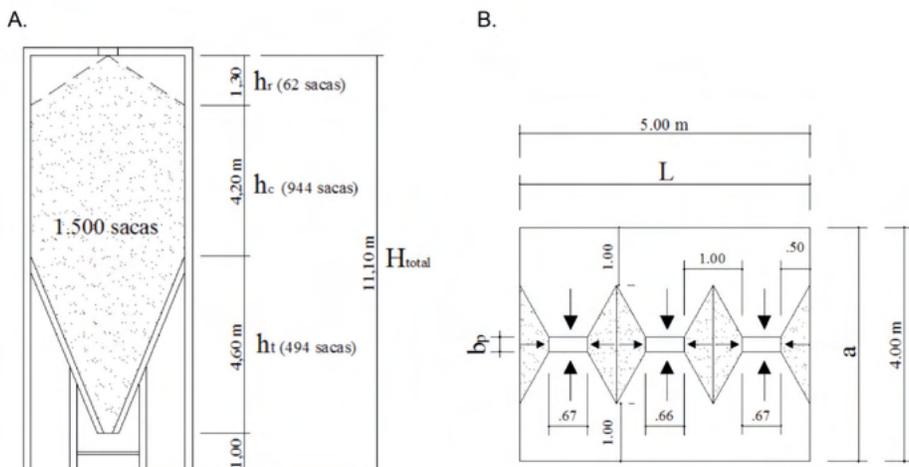


Figura 2. Esquema geométrico de uma célula com capacidade para 1.500 sacas de café beneficiado (A) e planta baixa da tremonha com detalhes do enchimento na saída (B).

## DIMENSIONAMENTO DO SILO PRISMÁTICO DE CONCRETO ARMADO

No dimensionamento, levou-se em consideração a envoltória das ações que ocorrem nas diferentes situações de operação no interior do silo com o produto armazenado: carregamento, armazenamento e descarga. Na Figura 3 estão apresentadas as hipóteses de carregamento de células cheias e vazias do silo.

Para o dimensionamento foi utilizada a resistência característica à compressão do concreto aos 28 dias (28 MPa) e do aço CA-50, segundo a norma ACI 313 (1997).

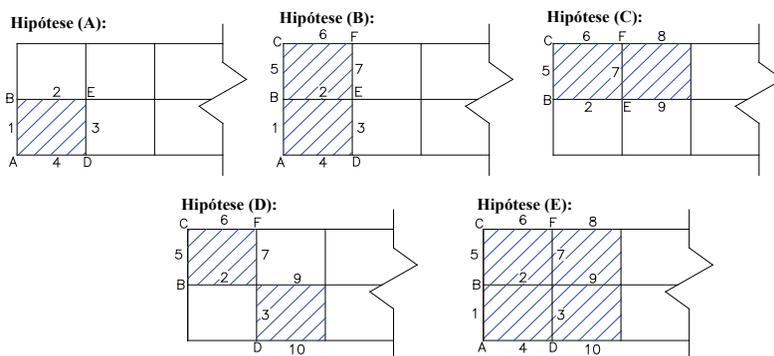


Figura 3. Hipóteses de células cheias em silo multicelular.

## 4 | RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Cálculo Das Ações Devido Ao Produto Armazenado

#### a) Pressões estáticas na célula

Para o cálculo das pressões estáticas (situação de carregamento) na célula, segundo a norma americana ACI 313 (1997), foi adotada a teoria de JANSSEN (1895) para o corpo do silo e a teoria de WALKER (1966) para a tremonha.

Para as pressões verticais, horizontais e as forças de atrito na parede do lado “a” e “L”, foram utilizados os valores das propriedades físicas do café cereja descascado com diferentes combinações do ângulo de atrito com a parede ( $\phi_{wi}$  e  $\phi_{ws}$ ), com o efetivo ângulo de atrito interno ( $\phi_{ei}$  e  $\phi_{es}$ ), tendo empregado os limites das propriedades físicas dos produtos, para a determinação das maiores pressões vertical e horizontal, como também a força de atrito, conforme Figuras 4, 5 e 6.

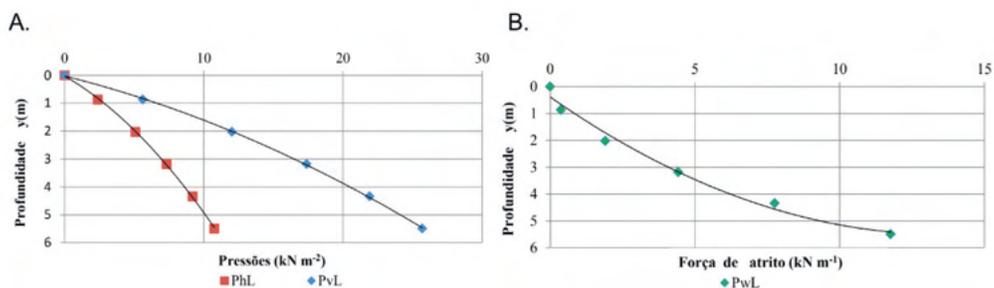


Figura 4. Pressões estáticas horizontais ( $P_{hL}$ ) e verticais ( $P_{vL}$ ) (A) e força de atrito ( $P_{wL}$ ) (B) na parede do lado “L” do silo, segundo teoria de Janssen - ACI 313 (1997).

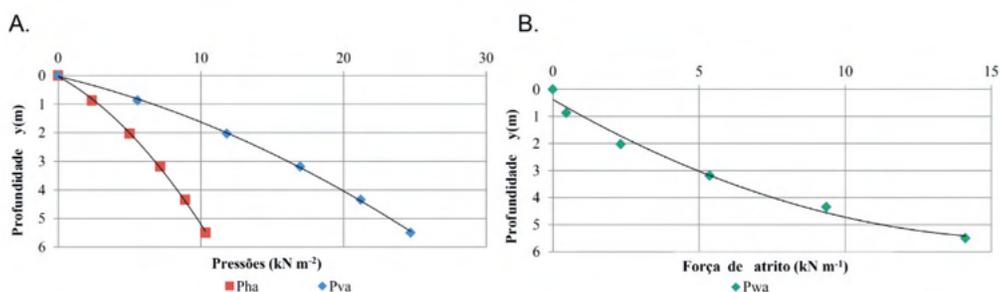


Figura 5. Pressões estáticas horizontais ( $P_{ha}$ ) e verticais ( $P_{va}$ ) (A) e força de atrito ( $P_{wa}$ ) (B) na parede do lado “a” do silo, segundo teoria de Janssen - ACI 313 (1997).

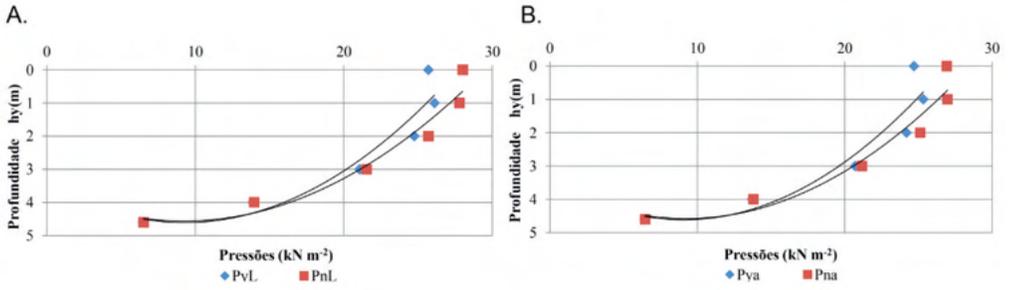


Figura 6. Pressões estáticas verticais ( $P_v$ ) e horizontais ( $P_h$ ) nas paredes do lado “L” (A) e “a” (B) da tremonha, segundo teoria de Walker - ACI 313 (1997).

### b) Pressões adicionais

A pressão adicional ocorre na transição entre corpo e tremonha do silo, tendo preciso do reforço de armadura a 1,20 m abaixo e acima da região de transição para esse projeto. A pressão adicional calculada para silos com fluxo de massa foi  $27,52 \text{ kN}\cdot\text{m}^{-2}$ , segundo a norma DIN 1055-6 (2005).

### c) Pressões dinâmicas

Para o cálculo das pressões dinâmicas (situação de descarga) na célula foi adotada a teoria de SAFARIAN (1969) para o corpo do silo e a norma ACI 313 (1997) para a tremonha.

Nas pressões estáticas horizontais e verticais apresentadas nas Figuras 4, 5 e 6 são aplicados os coeficientes de sobrepressão para a determinação das pressões dinâmicas, conforme Figuras 7 e 8.

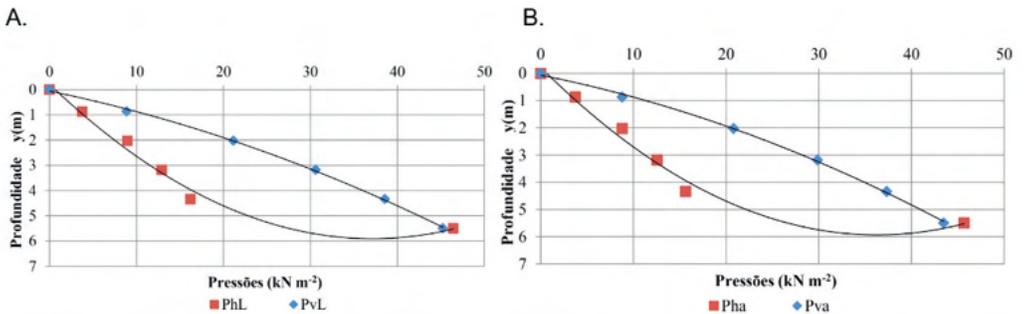


Figura 7. Pressões dinâmicas verticais ( $P_v$ ) e horizontais ( $P_h$ ) nas paredes “L” (A) e “a” (B) do silo, segundo teoria de Safarian.

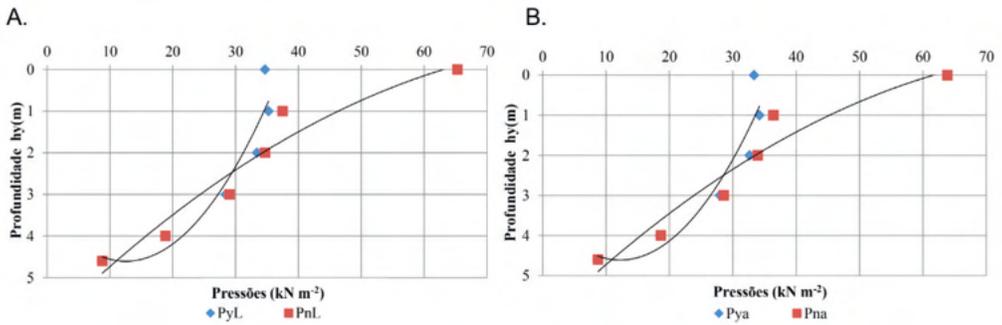


Figura 8. Pressões dinâmicas verticais ( $P_y$ ) e horizontais ( $P_n$ ) nas paredes do lado “L” (A) e “a” (B) da tremonha, segundo teoria de Walker - ACI 313 (1997).

Verificou-se que as pressões dinâmicas nas paredes “L” e “a” apresentam tensões maiores que as estáticas, estando assim de acordo com LOPES NETO et al. (2008), que em seu experimento, concluíram que as tensões nas paredes do silo na condição dinâmica foram superiores às estáticas em todas as fases estudadas.

## 5 | PROJETO DAS PAREDES DO SILO

### a) Armadura horizontal

O primeiro passo foi à determinação da excentricidade ( $e$ ), considerando uma espessura de parede ( $h$ ) de 0,32 m e cobrimento da armadura de 0,05 m, sendo:

**Caso I:** Flexão simples: Pequena excentricidade:  $e \leq h/2 - d'' \rightarrow$  o valor deverá ser  $\leq$  que 0,11 m.

**Caso II:** Flexo-tração: Grande excentricidade:  $e > h/2 - d'' \rightarrow$  o valor deverá ser  $>$  que 0,11 m. Trata-se de flexo-tração, requerendo, armadura simples ou dupla. Se apresentar valor negativo para  $A_s$ , não haverá compressão no aço, sendo a parede projetada como simplesmente armada.

#### a.1) Armadura horizontal no meio das paredes do silo

A determinação da excentricidade no meio das paredes foi realizada nas hipóteses A, B, C, D e E, conforme Figura 3. Na armadura horizontal ocorreu Caso I e II, apresentada na Figura 9.

### Todas as hipóteses:

No meio da parede do lado "a"

Caso I 5		
Caso I 1		

y (m)	$A_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$	$A'_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$
0,00 até 4,30	1,40	0,83
4,30 até 5,50	4,00	2,38

### Hipóteses B, C e E:

No meio da parede do lado "a"

Tração 7		
Tração 3		

y (m)	$A_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$
0,00 até 4,30	3,06
4,30 até 5,50	8,77

### Todas as hipóteses:

No meio da parede do lado "L"

Caso II 6	Caso II 8	cotas: 4,30m - armadura simples 5,50m - armadura dupla
Caso II 4	Caso II 10	

y (m)	$A_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$	$A'_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$
0,00 até 4,30	5,14	
4,30 até 5,50	13,25	6,00

### Hipóteses A, C e D:

No meio da parede do lado "L"

		cotas: 4,30m - armadura simples 5,50m - armadura dupla
Caso II 2	Caso II 9	

y (m)	$A_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$	$A'_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$
0,00 até 4,30	5,14	5,14
4,30 até 5,50	13,25	13,25

Figura 9. Situações críticas nas paredes de meio do lado "a" e "L", conforme as hipóteses de células cheias do silo multicelular.

Nota:  $y$  = profundidade do corpo do silo,  $A_s$  = área da seção transversal da armadura tracionada e  $A'_s$  = área da seção transversal da armadura comprimida.

#### a.2) Armadura horizontal no canto das paredes do silo

A Figura 10 apresenta a excentricidade no canto das paredes, para as hipóteses de A até E, foi o Caso II (grande excentricidade).

## Todas as hipóteses:

No canto da parede

Caso II C	cotas: 4,30m - armadura simples 5,50m - armadura dupla	
Caso II A		

y (m)	$A_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$	$A'_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$
0,00 até 4,30	6,94	
4,30 até 5,50	16,69	9,35

### Hipóteses B e E:

No canto da parede

		armadura dupla
Caso II B		

### Hipótese E:

No canto da parede

		armadura dupla
Caso II D		

### Hipóteses A, B e C:

No canto da parede

	armadura dupla	
	Caso II E	

### Hipóteses C e E:

No canto da parede

Caso II F		armadura dupla

y (m)	$A_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$	$A'_s(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$
0,00 até 4,30	10,90	5,53
4,30 até 5,50	31,39	25,75

Figura 10. Situações críticas para as paredes de canto do lado “a” e “L”, conforme as hipóteses de células cheias do silo multicelular.

## b) Armadura vertical

A armadura vertical calculada para atender às forças verticais últimas atuantes foi menor que a armadura vertical mínima das paredes do silo de espessura de 0,32 m, segundo a norma ACI 313 (1997), apresentada na Tabela 2.

Dimensionamento: Armadura vertical	
Armadura vertical mínima	Bitola / espaçamento
$A_{s,v,m}(\text{cm}^2 \text{ m}^{-1})$	$\varnothing / \text{cm}$
6,40	12,3 / 19

Tabela 2. Armadura mínima vertical para as paredes do corpo do silo – ACI 313 (1997).

### c) Verificação das paredes do silo à flambagem e ao cisalhamento

A força vertical última nas paredes do silo, não ultrapassou o valor admissível da força vertical imposto pela norma ACI 313 (1997), para que não ocorra ruptura por flambagem. Assim, como para a verificação das paredes do silo quanto à força de cisalhamento devido às pressões do produto armazenado, observou-se que as paredes internas e externas do silo, não ultrapassaram a resistência ao cisalhamento nominal fornecida pelo concreto armado.

## 6 I PROJETO DAS TREMONHAS

### a) Armadura horizontal

O primeiro passo é determinar a excentricidade ( $e$ ), considerando uma espessura de parede ( $h$ ) de 0,27 m e cobrimento da armadura de 0,04 m, sendo:

**Caso I:** Flexão simples: Pequena excentricidade:  $e \leq h/2 - d'' \rightarrow$  o valor deverá ser  $\leq$  que 0,10 m.

**Caso II:** Flexo-tração: Grande excentricidade:  $e > h/2 - d'' \rightarrow$  o valor deverá ser  $>$  que 0,10 m. Trata-se de flexo-tração, requerendo, armadura simples ou dupla. Se apresentar valor negativo para  $A'_s$ , não haverá compressão no aço, sendo a parede projetada simplesmente armada.

A Figura 11 apresenta a armadura horizontal: Caso I para o lado “a” da tremonha e Caso II para o lado “L” e canto da tremonha.

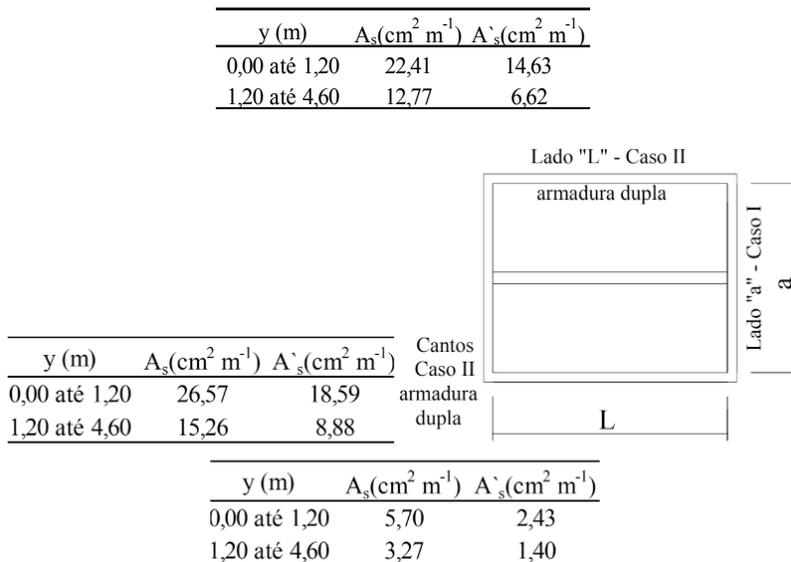


Figura 11. Situação crítica nos cantos e nas paredes “a” e “L” da tremonha, considerando a descarga do produto no silo.

### b) Armadura vertical

A armadura vertical calculada para a força vertical última atuante foi menor que a armadura vertical mínima nas paredes da tremonha de espessura de 0,27 m, segundo a norma ACI 313 (1997), apresentada na Tabela 3.

Dimensionamento: Armadura vertical	
Armadura vertical mínima	Bitola / espaçamento
$A_{sv,m}$ (cm <sup>2</sup> m <sup>-1</sup> )	$\phi$ / cm
5,40	12,3 / 22

Tabela 3. Armadura mínima vertical para as paredes da tremonha - ACI 313 (1997).

### c) Verificação das paredes da tremonha à flambagem e ao cisalhamento

A força vertical última nas paredes da tremonha não ultrapassou o valor admissível da força vertical imposto pela norma ACI 313 (1997), para que não ocorra ruptura por flambagem. Assim como, para a verificação das paredes do silo quanto à força de cisalhamento devido às pressões do produto armazenado, observou-se que as paredes internas e externas do silo, não ultrapassaram a resistência ao cisalhamento nominal fornecida pelo concreto armado.

## 7 | CONCLUSÕES

Neste trabalho, pôde-se concluir que a norma ACI 313 (1997) tem uma boa aplicação para silos de concreto armado. Os cálculos das pressões dinâmicas utilizam os coeficientes de sobrepressão, de acordo com a teoria de SAFARIAN (1969) na parede do corpo do silo e a norma ACI 313 (1997) na parede da tremonha.

A norma ACI 313 (1997) não considera as pressões adicionais na transição do corpo do silo para a tremonha, um ponto crítico para os silos elevados. O emprego da norma DIN 1055-6 (2005), gerou um acréscimo de pressão de 59% nas paredes do corpo do silo e de 43% nas paredes tremonha.

## REFERÊNCIAS

ACI. AMERICAN CONCRETE INSTITUTE. **ACI 313-97**: Standard Practice for Design and Construction of Concrete Silos and Stacking Tubes for Storing Granular Materials (ACI 313-97) and Commentary – ACI 313R-97. Farmington Hills, 1997. 39 p.

AS. AUSTRALIAN STANDARD. **AS 3774**: loads on bulk solids containers - commentary. Sydney, 1996. 78p.

CALIL JÚNIOR, C. Ações em silos pelo método dos estados limites: proposta de norma brasileira. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.16, n. 4, p. 110-117, jun. 1997.

CHEUNG, A. B.; CALIL JÚNIOR, C. Modelo estocástico de pressões de produtos armazenados para estimativa da confiabilidade estrutural de silos esbeltos. **Cadernos de Engenharia de Estruturas**, v.11, n.48, p.1-22, 2009.

CONAB. **COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO**. Acompanhamento da safra brasileira café, safra 2021: segundo levantamento, maio/2021. Disponível em: <<http://www.conab.gov.br>>. Acesso em: 27 jun. 2021.

DIN. DEUTSCHE NORM. **DIN 1055-6**: basis of design and actions on structures, part 6: design loads for buildings and loads in silos bins. Berlin: Verlaz, 2005. 112 p.

GAYLORD JUNIOR, E. H.; GAYLORD, C. N. **Design of steel bins for storage of bulk solids**. New Jersey: Prentice-Hall, 1984. 359 p.

JANSSEN, H. A. Versuche über getriededruck in silozellen. **Verein Deutscher Ingenieure**, Stuttgart, v. 39, p. 1045-1049, Aug. 1895.

JENIKE, A. W. **Storage and flow of solids**. Salt Lake City: University of Utah, 1964. 197 p. (Utah Engineering Experiment Station. Bolletin 123).

LOPES NETO, J.P.; NASCIMENTO, J. W. B.; CALIL JUNIOR, C. Análise estrutural de silos metálicos prismáticos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.32, n. 4, p. 1252-1258, jul./ago. 2008.

LOPES NETO, J.P.; NASCIMENTO, J. W. B.; LOPES, F.F.M. Modelos de previsão do fluxo e vazão de descarga de produtos agrícolas. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.27, n. 1, p. 54-58, 2012.

LOPES NETO, J.P.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, V. R.; Efeito do tempo de armazenamento de rações avícolas no dimensionamento de silos. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**. v.29, n.4, p.518-527, out./dez. 2009.

LOPES NETO, J.P.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, V. R.; LOPES, F. F. M.; Propriedade de fluxo e característica de escoabilidade de rações avícolas para dimensionamento de silos. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.31, n. 3, p. 851-859, 2007.

MARQUES NETO, J.F.A.; SILVA, M.C.T. Aplicação da alvenaria estrutural em sistemas de armazenamento de produtos agrícolas a granel. **Engenharia Agrícola, Jaboticabal**. v.31, n.1, p.201-210, jan./fev. 2011.

MCLEAN, A.G. Empirical 4 critical flow factor equations. **Bulk Solids Handling**, Nuremberg, v. 6, n. 4, p. 407-411, 1986

MILANI, A.P. **Determinação das propriedades de produtos armazenados para projetos de pressões e fluxo em silos**. 1993. 162 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1993.

NASCIMENTO, J. W. B. **Estudo de silos metálicos prismáticos para fábricas de ração**. 1996. 152 p. Tese (Doutorado em Engenharia de Estruturas) - Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

NASCIMENTO, J.W.B.; MACIEL, K.R.D.; SILVA, V.R.; LOPES, F.F.M.; LOPES NETO, J.P. Blocos de concreto para construção modular de silos cilíndricos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.13, suppl., p. 991-998, 2009.

SAFARIAN, S.S. Design pressures of granular materials in silos. **Journal of the American Concrete Institute**, New York, v. 66, n. 8, p. 647-655, 1969.

SCHULZE, D. Flowability and time consolidation measurements using a ring shear tester. **Powder Handling & Processing**, Clausthal-Zellerfeld, v. 8, n.3, p. 221-226, 1996.

WALKER, D.M. An approximate theory for pressures and arching in hoppers. **Chemical Engineering Science**, New York, v. 21, p. 975-997, 1966.

## ÍNDICE REMISSIVO

### A

Adubação fosfatada 44, 54, 55

Aftosa 10, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11

Apicultura 10, 22, 23, 24, 25, 26

Apis mellifera 22, 23

Armazenamento 12, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 42, 124, 126, 128, 130, 134, 136, 137, 139, 140, 142, 143, 144, 146, 147, 148

### B

Borra de fosfato 44, 46, 55

### C

Caprino 96, 97, 103

Classificadores Supervisionados 12

Coffea arabica L 10, 44, 45, 46, 55

Comprehensive Training 114, 115

Concreto armado 29, 31, 32, 34, 40, 41, 130, 135, 136

Controle 1, 2, 3, 8, 30, 33, 61, 62, 63, 65, 93, 108, 137, 144, 152

### D

Demonstration Plot 115

Distribuição Longitudinal 150, 151, 153, 154

Drought tolerance 69, 71, 74, 75, 76, 78, 79, 80, 81

### E

Evapotranspiration Rate 69

### F

Falhas, Produtividade 150

Fisiologia 11, 67, 96, 98

Fluxo de massa 29, 30, 32, 36, 136

### G

Grain Yield 69, 79, 80, 81, 83, 151

Grãos 9, 12, 30, 31, 70, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 133, 134, 136, 137, 138, 139, 140, 141, 142, 143, 146, 147, 148, 150, 151, 152, 153, 154

## H

Horticultura 57

## L

Livre sem vacinação 1, 2, 5, 9

## O

Organização Mundial de Saúde Animal 9

## P

Peixe Nativo 84

Pequeno Produtor 12, 124, 128, 134, 136

Photosynthetic rate 69, 74, 75, 76, 80, 81

Piscicultura 84, 86, 94, 95

Pressão Adicional 29, 36

Produção 9, 10, 3, 7, 10, 13, 23, 25, 28, 30, 44, 45, 46, 51, 52, 53, 54, 55, 59, 60, 67, 85, 86, 96, 97, 98, 99, 103, 105, 106, 107, 124, 125, 126, 136, 138, 140, 141, 142, 143, 145, 148, 149, 155

Produto Granular 29, 32, 127

Profilaxia 84

## R

Reprodução 96, 98, 102, 103, 106, 108, 155

Research 2, 70, 81, 94, 95, 104, 106, 107, 108, 114, 115, 139

Resíduo metalúrgico 44

## S

Salinização 57, 58, 59

Sangue 84, 86, 92, 93

Saúde 1, 4, 6, 9, 10, 11, 84, 93, 94

Sensoriamento Remoto 12, 14, 20

Silo secador 12, 124, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 132, 133, 134, 135, 136, 137

Soluble sugars 69, 70, 71, 72, 80, 81, 82

Sorghum 11, 69, 70, 71, 72, 74, 75, 76, 78, 79, 81, 82

Sustentabilidade 57, 109, 139

## T

Teaching 114, 115

## Z

Zea mays L 113, 150, 151



# CADEIAS PRODUTIVAS e novas tecnologias:

Aspectos econômicos,  
ecológicos e sociais

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  @atenaeditora
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](http://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021



# CADEIAS PRODUTIVAS

## e novas tecnologias:

Aspectos econômicos,  
ecológicos e sociais

-  [www.atenaeditora.com.br](http://www.atenaeditora.com.br)
-  [contato@atenaeditora.com.br](mailto:contato@atenaeditora.com.br)
-  [@atenaeditora](https://www.instagram.com/atenaeditora)
-  [www.facebook.com/atenaeditora.com.br](https://www.facebook.com/atenaeditora.com.br)

**Atena**  
Editora  
Ano 2021