

## CONVÊNIOS UNIOESTE-CONSILOS E UNIOESTE-COPAGRIL PARA DIFUSÃO DE TECNOLOGIA EM MODELAGEM NUMÉRICA DE SILOS

Área temática: Tecnologia e Produção.  
Coordenador da Ação: Decio Lopes Cardoso<sup>1</sup>.  
Autor: Bruna Schmitt Schuster<sup>2</sup>.

### RESUMO:

Os sucessivos recordes da produção brasileira de grãos e a carência de unidades armazenadoras para os mesmos constituem o principal motivador para o desenvolvimento do projeto proposto. A inexistência de uma norma brasileira para dimensionamento de silos levou um grupo de pesquisadores da Escola de Engenharia da Universidade de São Paulo, liderado pelo Professor Dr. Carlito Calil Junior, a difundir no país a necessidade da criação de um banco de dados sobre propriedades e comportamento mecânico de grãos em silos. A produção e exportação de grãos na forma de commodities são o motor da economia da região Oeste do Paraná. A existência de uma equipe transdisciplinar na UNIOESTE, pesquisando e produzindo cientificamente o tema de modelagem matemática de silos; e a limitação das empresas regionais do setor agroindustrial em investir em recursos humanos e tecnológicos para desenvolvimento de pesquisas e desenvolvimento; revelam a necessidade de parcerias entre a universidade e o setor produtivo que promovam a transferência e difusão de conhecimentos entre as mesmas.

**Palavras-chave:** grãos, armazenagem, tecnologia.

### 1 INTRODUÇÃO

O início do projeto remonta ao ano de 2011, quando se iniciou um plano de trabalho com a aluna bolsista Grazielle Afonso, do curso de Engenharia Agrícola da Unioeste cujas atividades envolviam caracterizar as propriedades mecânicas dos grãos de soja, trigo e milho da. Outros alunos bolsistas do curso de Engenharia Civil da Unioeste deram continuidade ao projeto nos anos subsequentes, estendendo a proposta para o desenvolvimento de uma plataforma computacional para a simulação numérica de problemas de fluxo de grãos em silos. Atualmente, o projeto conta com uma equipe composta por:

<sup>1</sup> Doutor, Engenharia Civil, CCET, Cascavel. E-mail: deciolc@gmail.com

<sup>2</sup> Acadêmico, Engenharia Civil, CCET, Cascavel. E-mail: brunaschuster@hotmail.com



APOIO:

Integração  
que gera energia  
e desenvolvimento



CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:



Professor Décio Lopes Cardoso, curso de Engenharia Civil da Unioeste;

Professor Ricardo Lessa Azevedo, curso de Engenharia Civil da Unioeste;

Professor Rogerio Rizzi, curso de Matemática da Unioeste;

Doutoranda Marivone Zanella Funk, Universidade Federal de Campina Grande, egressa do Mestrado PGEAGRI e do curso de Engenharia Civil da Unioeste;

Doutorando Petterson Vinicius Pramiu, Universidade de São Paulo, egresso do Mestrado PGEAGRI e do curso de Matemática da Unioeste;

Mestrando Fabricio Michel Denes, PGEAGRI e egresso do curso de Matemática da Unioeste;

Graduando Fabiano Felipe Prass da Silva, do curso de Ciência da Computação da Unioeste;

Graduanda Lidiane Regina Braun, do curso de Engenharia Agrícola da Unioeste;

Graduandos Stephanie Vivente Moi, Leonardo de Freitas Galeski, Matheus Shiratsu Sgarioni, Diogo Dama Stadnik, do curso de Engenharia Civil da Unioeste.

Em reuniões realizadas junto ao corpo administrativo da CONSILOS, definiu-se instrumentar um silo protótipo da cooperativa COPAGRIL, com dimensões 18,42 m de diâmetro e 21,04 m de altura, capacidade para 4.500 toneladas, implantado no município de Entre Rios do Oeste. A instrumentação foi realizada por meio de células medidoras de carga e de pressão instaladas nas paredes laterais e na laje de fundo do silo. Simultaneamente, uma equipe de laboratório desenvolvia a modelagem numérica para cálculo das pressões teóricas no silo utilizando plataforma computacional ANSYS nos computadores da Unioeste.

## 2 DESENVOLVIMENTO

A safra brasileira de grãos 2016/17 alcançou 227,9 milhões de toneladas,



APOIO:

Integração  
que gera energia  
e desenvolvimento



Fórum de Pró-Reitores  
de Extensão  
das Universidades Públicas  
Brasileiras

CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:



estabelecendo novo recorde de produção, de acordo com dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017). Considerando a grande demanda nacional por estruturas de armazenamento de grãos é necessário a construção de grandes silos metálicos. Para atender tamanha demanda, novas e maiores estruturas de armazenamento devem ser construídas e, para que sejam seguras, eficientes e econômicas, é essencial que sejam sanadas muitas das incertezas sobre seu dimensionamento.

O dimensionamento dessas estruturas hodiernamente é realizado através de normas internacionais, uma vez que o Brasil não possui normatização para a modelagem dessas estruturas, dessa forma são recorrentes problemas de ruptura nos silos por não haver conhecimento do real comportamento dessas estruturas, já que os parâmetros internacionais divergem da realidade brasileira além de não retratarem as características intrínsecas dos grãos brasileiros. Cabe lembrar que um silo é dimensionado para armazenar uma gama ampla de sólidos a granel, os quais possuem propriedades variadas, assim um silo projetado para armazenar adequadamente um determinado material pode ser ineficaz e perigoso para a armazenagem de outro.

As regiões Oeste e Sudoeste do Paraná contam com empresas fabricantes de silos metálicos de grandes dimensões, e implantam os silos projetados via de regra em cooperativas de produtores. Esses silos são projetados a partir de normas estrangeiras já que o Brasil não dispõe de normas para o dimensionamento de silos. Devido ao uso das normas internacionais há uma maior chance da ocorrência de sinistros, devido as propriedades e o comportamento mecânico dos materiais, uma vez que esses parâmetros diferem de uma região para a outra. Postulando que o conhecimento dos reais valores dos parâmetros de projeto e operação dos silos necessita da realização de medições de tensões e deformações em silos protótipos, ou seja, exigem instrumentação em verdadeira grandeza dessas estruturas, para assim eliminar as incertezas provenientes ao fator escala, lança-se mão de análises numéricas. Porém no Brasil as empresas não contam com recursos suficientes para o desenvolvimento de pesquisas, as quais são realizadas nas universidades públicas. Por meio desses procedimentos é possível



APOIO:

Integração  
que gera energia  
e desenvolvimentoFórum de Pró-Reitores  
de Extensão  
das Universidades Públicas  
Brasileiras

CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:



realizar contribuições para uma futura e adequada padronização dos projetos e dimensionamento dos silos.

Na Universidade Estadual do Oeste do Paraná já vêm sendo desenvolvidos estudos extensivos por equipes multidisciplinares objetivando consolidar linhas de pesquisa e extensão voltadas ao desenvolvimento e difusão de tecnologias que atendam às demandas supracitadas. Atualmente, os trabalhos em desenvolvimento envolvem professores e alunos dos cursos de Engenharia Civil, Matemática e Ciência da Computação. Cabe citar os trabalhos científicos apresentados em capítulo de livro (GIRARDI, CARDOSO e BRAUN, 2015), em revistas científicas (FANK et al, 2015), em congressos internacionais (CARDOSO, GIRARDI e BRAUN, 2015; CARDOSO et al, 2007), em congressos nacionais (DIETER et al, 2005), em congressos regionais, nos Encontros Anuais de Iniciação Científica e Seminários de Extensão Universitária (TOMASI e CARDOSO, 2012a; TOMASI E CARDOSO, 2012b; TOMASI e CARDOSO, 2011), em dissertações de mestrado (HEZEL, 2007); além de Trabalhos de Conclusão de Curso (BRAUN, 2016).

Na região Oeste do Paraná duas empresas do setor agroindustrial já colaboram efetivamente na forma de parceria extra-oficial. Uma delas é a CONSILOS Indústria de Silos e Secadores Ltda, fabricante de silos metálicos, localizada no Distrito Industrial de Cascavel – PR. A outra é a Cooperativa Agroindustrial COPAGRIL, a qual armazena grãos, fabrica e comercializa rações para alimentação animal, instalada no município de Marechal Cândido Rondon – PR. Tais parcerias necessitam de uma formalização, o que se propõe na forma de convênios a serem firmados entre Unioeste e as empresas supracitadas.

### 3 ANÁLISE E DISCUSSÃO

Realização de reunião entre professores e alunos envolvidos, como também com o corpo diretor da indústria Consilos e o corpo técnico na cooperativa Copagril. Realização de questionários na Consilos acerca do dimensionamento de silos e para a Copagril sobre o funcionamento dos silos e suas necessidades. Formalização do convênio com ambas empresas. Reunião com professores do curso de administração para desenvolver um plano de otimização e armazenamento. Diagnosticar as necessidades de pesquisa em que as empresas necessitam.



APOIO:

Integração  
que gera energia  
e desenvolvimentoFórum de Pró-Reitores  
de Extensão  
das Universidades Públicas  
Brasileiras

CO-ORGANIZAÇÃO:

unioeste  
Universidade Estadual do Oeste do Paraná  
Pr. R. de Cascavel - PR: 85801-900INSTITUTO  
FEDERAL  
Paraná

REALIZAÇÃO:

UNILA | PROEX  
UNIVERSIDADE  
NACIONAL  
LUIZ DE QUILAS  
INSTITUTO DE  
EXTENSÃO E  
PROJEÇÃO

## 4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No desenvolvimento do projeto, foram observados aspectos positivos e negativos, abaixo descritos:

Pontos Positivos: envolvimento de professor de Ciências da Computação e alunos de Mestrado e Doutorado.

Pontos Negativos: dificuldade na inserção do professor do curso de Administração de Empresas para a elaboração de um plano de otimização da logística de armazenamento.

## AGRADECIMENTOS

À Fundação Araucária e à PROEX – UNIOESTE pela concessão da bolsa de extensão, à CONSILOS e à COPAGRIL Agroindustrial, cuja parceria propiciou o desenvolvimento deste trabalho.

## REFERÊNCIAS

BRAUN, L.R. 2016. **Análise de tensões em silos metálicos utilizando os modelos de Rankine e de Nedderman e as normas DIN1055 e EUROCODE 1**. Trabalho de Conclusão de Curso – TCC (Curso de Engenharia Agrícola) – Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

CARDOSO, D.L.; HENZEL, C.R.; VANDERLEI, R.D.; CHRIST, D.. **Método dos elementos finitos aplicado à análise tensão-deformação em silos**. In: II C3N – II CONGRESSO DA ACADEMIA TRINACIONAL DE CIÊNCIAS, 2007, Foz do Iguaçu – PR. II C3N – II CONGRESSO DA ACADEMIA TRINACIONAL DE CIÊNCIAS. Foz do Iguaçu – PR: Parque Tecnológico de Itaipu – PTI, 2007. V.1. P. 1-10.

CARDOSO, D.L.; GIRARDI, T.J.; BRAUN, L.R.. **Numerical analysis distribution in cylindrical metallic silos**. In: XXXVI CIOSTA & CIGR Section V Conference 201, St Petersburg: Saint – Petersburg State Agrarian University, 2015. V.1. p 300-307.

FANK, M.Z. **Pressões em silos verticais cilíndricos metálicos: determinação experimental versus cálculos teórico por normas estrangeiras**. Tese de doutorado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade



APOIO:

Integração  
que gera energia  
e desenvolvimento

CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:



Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2017.

FANK, M.Z.; CHRIST, D.; CARDOSO, D.L.; WILLRICH, F.L., LORENZI, V.. **Coeficiente de transferência de carga nas fundações de silos verticais cilíndricos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental (Online), v. 19, p. 887-891, 2015.

GIRARDI, T.J.; CARDOSO, D.L.; BRAUN, L.R.. **Environmentally friendly agriculture and forestry for future generations**. 1. Ed. Saint Peterburgo: SPbSAU - Saint-Petersburg State Agrarian University, 2015. v. 1000. 614p.

HEZEL, C.R.. **Avaliação das pressões em silos verticais conforme diferentes normas internacionais**. Dissertação de mestrado – Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel, 2007.

TOMASI, G.A.; CARDOSO, D.L.. **Propriedades mecânicas e de fluxo das commodities da região Oeste do Paraná para fins de dimensionamento de silos**. In: XII SEMINÁRIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, 2012, Cascavel, XII SEMINÁRIO DE EXTENSÃO UNIVERSITÁRIA, Cascavel: Pró-Reitoria de Extensão – Unioeste, 2012. V. 1. p. 1-4.

TOMASI, G.A.; CARDOSO, D.L.. **Propriedades mecânicas e de fluxo das commodities da região Oeste do Paraná**. In: EAIC21 – 21 Encontro Anual de Iniciação Científica e 2 Encontro Anual de Iniciação Tecnológica e Inovação, 2012, Maringá (PR). EAIC21 – 21 Encontro Anual de Iniciação Científica e 2 Encontro Anual de Iniciação Tecnológica e Inovação. Maringá (PR): Universidade Estadual de Maringá, 2012. V.1. p. 1-4.

TOMASI, G.A.; CARDOSO, D.L.. **Determinação das propriedades mecânicas dos grãos de trigo para fins de dimensionamento de silos**. In: XX ENCONTRO ANUAL DE INICIAÇÃO científica, 2011, Ponta Grossa. XX EAIC 2011. Ponta Grossa – PR: UEPG, 2011. V.1. P. 1-4.



APOIO:

Integração  
que gera energia  
e desenvolvimento

CO-ORGANIZAÇÃO:



REALIZAÇÃO:

