

## CONSTRUÇÃO DE UM PROTÓTIPO DE ELEVADOR DE CANECAS POR MEIO DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS

*Joélson V. Silva* – [joelson.silva@satc.edu.br](mailto:joelson.silva@satc.edu.br)  
*Daniel Fritzen* – [daniel.fritzen@satc.edu.br](mailto:daniel.fritzen@satc.edu.br)  
*Anderson Daleffe* – [anderson.daleffe@satc.edu.br](mailto:anderson.daleffe@satc.edu.br)  
Faculdade SATC  
Rua Pascoal Meller, 73  
88.805-380 – Criciúma – SC

**Resumo:** Este trabalho apresenta uma alternativa de abordagem dos assuntos compreendidos pela disciplina de Técnicas de Máquinas e de Materiais no curso de Tecnologia em Automação Industrial. A proposta de construção de um protótipo de elevador de canecas fez parte da utilização da ABP (Aprendizagem Baseada em Problemas) e visou a união dos conceitos multidisciplinares estudados durante o curso. O elevador de canecas foi desenvolvido de forma a obedecer uma concepção didática que pudesse atender além da graduação, também ao ensino técnico, e que possa ser aplicado em pesquisas e inovações na área de automação. A performance do elevador de canecas foi avaliada de acordo com sua eficácia na movimentação de grãos, simplicidade na montagem e manutenção. Este artigo tem por objetivo relatar o desenvolvimento do projeto, avaliando as soluções propostas pelos alunos, as características construtivas e os passos para o correto dimensionamento do protótipo. Numa observação geral dos resultados apresentados, verificou-se que a atividade trouxe experiências singulares para cada aluno, resultando num crescimento de sua aprendizagem, pois, a união dos conhecimentos multidisciplinares teóricos e práticos contribuem para a formação profissional do acadêmico.

**Palavras-chave:** ABP. Ensino de Graduação. Elevador de canecas.

### 1 INTRODUÇÃO

A disciplina de Técnicas de Máquinas e Materiais aborda os inúmeros elementos mecânicos utilizados em máquinas e equipamentos, assim como suas características, aplicações, processos de fabricação e, principalmente, o dimensionamento dos mesmos. Essa ementa, tem por finalidade capacitar o acadêmico a idealizar projetos estruturais, dispositivos mecânicos, sistemas de transmissão de potência, elementos de fixação, etc., analisando os esforços presentes e prevendo os tipos de falhas.

No empenho em se encontrar alternativas que despertem o interesse do educando aliada ao estímulo pela inovação, as ferramentas de metodologias ativas despontam como uma opção. E dentre elas, a aprendizagem baseada em problemas (ABP) ganha destaque, propiciando ao aluno desenvolver sua capacidade crítica e oportunidade de solucionar um problema autêntico ou simulado, dentro de uma determinada situação. Esse método oferece ainda, suporte ao conteúdo debatido em sala de aula.

Diante disso, o presente trabalho busca fazer uma análise de aplicação dessa metodologia na disciplina de Técnicas de Máquinas e Materiais no curso de Tecnólogo em Automação da Faculdade SATC.

Fundamentado nessa proposição, foi proposto aos alunos a elaboração de um projeto que envolvesse os assuntos presentes na ementa do curso, como sistemas de transmissão, dimensionamento de mancais e análise de esforços num conjunto estático e rotativo.

Este estudo discute sobre a construção de um protótipo de elevador de canecas centrífugo com a finalidade de demonstrar as etapas de seleção de materiais, peças, dimensionamento e montagem. Foi adotado este mecanismo, que mesmo de forma simplificada, envolve uma série de conceitos estudados na disciplina.

Os protótipos desenvolvidos, posteriormente serão utilizados como ferramentas didáticas para o desenvolvimento de outras formas de ABP em outras disciplinas do curso, como por exemplo, aplicação de instrumentação e automação do processo.

Será apresentada na seção 2, a ABP e sua aplicabilidade na terceira fase da disciplina de Técnica de Máquinas e Materiais do curso de Tecnólogo em Automação da Faculdade SATC. Na seção 3, será apresentado o elevador de canecas e os protótipos desenvolvidos. Na seção 4 são apresentados os resultados obtidos com o protótipo do elevador de canecas, na Seção 5, as considerações finais e por fim, as referências bibliográficas.

## **2 APRENDIZAGEM BASEADA EM PROBLEMAS APLICADA A DISCIPLINA DE TÉCNICA DE MÁQUINAS E DE MATERIAIS**

A metodologia de ensino e aprendizagem ABP ou PBL (do inglês, *Problem Based Learning*) foi adotada inicialmente na Universidade de McMaster localizada no Canadá (SALES *et al.*, 2013).

A ABP é caracterizada por ser um método centralizado no aluno, onde o professor atua como intermediador, tutor da discussão e trabalhando em grupos pequenos. A integração entre o tutor e o grupo pequeno de alunos fortalece os conceitos técnicos, além de produzir habilidades interpessoais e melhorar a relação entre professores e alunos (RIBEIRO, 2016).

A estrutura da ABP segue as seguintes etapas (SOUZA, 2011 e CORRÊA *et al.* 2013):

1. Esclarecimento: Leitura da situação-problema e elucidação dos termos ou expressões desconhecidas que geram dúvidas. Nesta etapa, as dúvidas são esclarecidas.
2. Definição do problema: Identificação e definição do problema proposto, e formulação do melhor caminho para a busca da solução, sem procurar sua causa e consequência.
3. Análise do problema: nesta etapa o grupo discute suas ideias, compartilhando conhecimentos prévios e apresentando informações consideradas relevantes para entendimento do problema.
4. Resumo das etapas anteriores: comparação entre as ideias para resumir a discussão, considerando os problemas encontrados. Reunindo os conhecimentos prévios do grupo e esquematizando as hipóteses levantadas.
5. Formulação dos objetivos de aprendizagem: nesta etapa é feita a identificação dos assuntos que podem ser usados para a resolução do problema, de acordo com os estudos das etapas anteriores. Cada aluno pode apontar algum interesse pessoal ou investigar algum assunto específico.
6. Estudo individual ou busca de informações: análise individual sobre os assuntos levantados na etapa anterior. O professor pode recomendar uma bibliografia básica, mas o aluno deve buscar outras fontes de informação e compartilhá-las com o grupo.

7. Discussão em grupo: reunião das informações obtidas para resolver a problemática, estruturando a solução de acordo com os conhecimentos adquiridos na fase individual. O professor deve estar presente para intervir e auxiliar caso exista algum ponto questionável ou interpretação equivocada.

Essa ferramenta da Metodologia Ativa foi idealizada para que o educando tenha oportunidade de desenvolver a sua habilidade de investigação, praticando-a de forma sistemática e metódica. Isso lhe permite aprender a trabalhar em grupo cooperativo e atingir os resultados da pesquisa de forma satisfatória e complementando sua aprendizagem individual (SOUZA E DOURADO, 2015).

O legado mais significativo da ABP, é a capacidade de conceder ao aluno, competências, habilidades e atitudes que vão além de compreender novos conteúdos e compreensão de fenômeno físicos ou sociais. A sociedade laboral do século XXI exige atitudes como o trabalho em grupo, proatividade, busca de soluções criativas, admitir a falta de conhecimento sobre um assunto e pesquisar para a descoberta deste, e estudar para aprender e não para obter a nota (CASTELAN, 2018).

Na “Figura 1”, podemos observar os elementos vinculados às práticas pedagógicas orientados como metodologia ativas de ensino. Essas qualidades se inter-relacionam e são indissociáveis no ambiente de ensino guiado pelo método ativo (DIESEL, 2016).

Figura 1: Características das metodologias ativas de ensino



Fonte: Diesel, 2016

Na Faculdade SATC a metodologia do ABP vem sendo implementada gradualmente, baseada nas conclusões observadas por estudos que mostram a necessidade de uma mudança no modo de ensino. No momento em que a revolução digital nos permite o acesso onipresente à informação, e a mera retransmissão de conhecimentos já não faz mais sentido dentro da sala de aula, o conhecimento memorizado abre espaço para a busca e construção do conhecimento para a resolução de problemas.

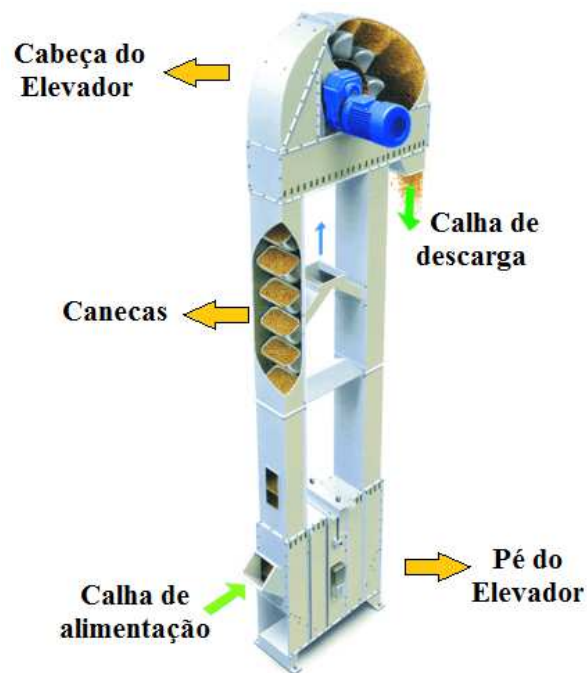


### 3 PRINCÍPIO E CONCEITO DE ELEVADOR DE CANECAS

Os elevadores de canecas ou de caçambas são dispositivos industriais muito comuns que transportam materiais granulares na direção vertical ou ao longo de planos inclinados. São utilizados em toda indústria de materiais granulados e no manuseio destes para o armazenamento e processamento, por exemplo (XIONG, *et al.* 2016).

Na “Figura 2”, podemos observar as partes principais de um elevador de canecas.

Figura 2: Partes de um elevador de canecas



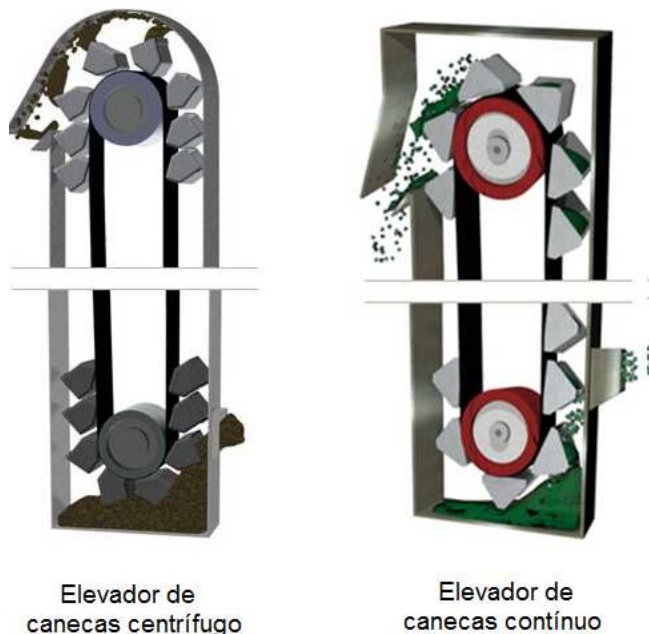
Fonte: Adaptado de [http://www.fabricadoprojeto.com.br/wp-content/uploads/2013/02/bucket\\_elevator1.gif](http://www.fabricadoprojeto.com.br/wp-content/uploads/2013/02/bucket_elevator1.gif)  
(Acessado em: 06 de mai. 2018).

Ao selecionar um elevador de canecas, o objetivo é permitir o fluxo de processos mais eficiente possível. Para isso, se dispõe de dois tipos de elevadores mais comuns, que se diferem por suas características construtivas (MAKOS, 2018):

- **Centrífugo:** O elevador estilo centrífugo tem a capacidade de mover rapidamente grandes quantidades de material e funciona muito bem para materiais duráveis e abrasivos como areia, cascalho e outros materiais a granel de fluxo livre. Devido à alta velocidade de operação, este elevador gera força centrífuga na polia da cabeça. Esta força joga o material para fora da caneca e para dentro da calha de descarga como mostrado na “Figura 3”. As ações de lançamento e escavação deste projeto correm o risco de danificar materiais frágeis, portanto este estilo não é recomendado ao manusear materiais mais delicados.
- **Contínuo:** o elevador contínuo é projetado para operar em uma velocidade menor para eliminar a ação de lançamento e, portanto, é mais adequado para o manuseio suave do material. No elevador de estilo contínuo, as caçambas são especificamente projetadas para agir como parte da calha de descarga quando invertida, como mostrado na “Figura 3”. O material é despejado da caneca e desliza para baixo na caneca invertida na calha de descarga. Ao todo, o *design* deste elevador reduz muito o dano e a degradação de

materiais mais frágeis e friáveis. Além disso, esse *design* é benéfico quando o produto é leve e/ou macio e precisa evitar a aeração.

Figura 3: Modos de distribuição de caçambas na correia do elevador



Fonte: Makos, 2015

As canecas podem ser fabricadas em uma variedade de materiais, incluindo ferro dúctil, aço carbono, aço inoxidável e alumínio. O *design* e o desempenho dos elevadores variam com as características do material. Assim deve-se considerar a geometria da caneca e a velocidade de funcionamento (MAKOS, 2018; XIONG, *et al.* 2016).

#### 4 DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO DO ELEVADOR DE CANECAS

A opção por esse equipamento surgiu da necessidade de demonstrar na prática, os conceitos de transmissão de movimento e potência, dimensionamento de mancais, uniões parafusadas e outros conteúdos vistos nas disciplinas de graduação e da área técnica.

Primeiramente foram definidos os grupos, compostos com 4 integrantes, em uma turma com 16 alunos. Seguindo os conceitos da ABP, foi proposto aos alunos a fabricação de um protótipo de um transportador vertical de material, que atendesse a necessidade de transporte de grãos finos e sem abrasividade. O protótipo deveria ter altura máxima de 1 m, largura máxima de 300 mm e com capacidade de transporte em torno de 1 m<sup>3</sup>/h. A escolha do material de fabricação ficou à critério da equipe e todo o dimensionamento seria avaliado através de um memorial de cálculo apresentado.

Além dos dados do projeto, os educandos receberam um questionário onde preencheram com o seu nível de conhecimento sobre o problema, quais informações precisariam para resolvê-lo, quais as fontes necessárias para levantar hipóteses e solucionar os problemas, além de um cronograma estabelecendo as fases do projeto e lista de materiais.

O cronograma estabeleceu o prazo para apresentação dos projetos, que deveria ser encerrado no final do semestre. Os alunos tiveram então o prazo aproximado de quatro meses para conclusão do trabalho, de forma que ainda sobrassem duas semanas para eventuais correções ou melhorias.

Semanalmente cada equipe apresentava o andamento dos trabalhos, expondo as dificuldades encontradas, e discutidas pela classe com reflexões mediadas pelo professor. Na fase inicial do debate, incentivando a troca de experiências e ativação de conhecimentos prévios dos alunos, observou-se a importância das competências adquiridas em outras disciplinas.

Ainda na fase preliminar foram abordados temas discutidos nas disciplinas de metrologia, desenho técnico, e software de CAD 3D, SolidWorks, estabelecendo ligações que contribuíram como ferramentas e como recursos para dar fundamentação às hipóteses levantadas para resolver a problemática proposta.

Esse conhecimento prévio também serviu como fundamento no confronto de novas ideias e na busca por conhecimentos ainda não discutidos, mas que seriam indispensáveis no projeto, como levantamento dos dados estruturais, dimensionamento eletroeletrônico, características de movimentação e relação de transmissão. Essa aprendizagem interdisciplinar e cooperativa foi essencial no prosseguimento da metodologia empregada,

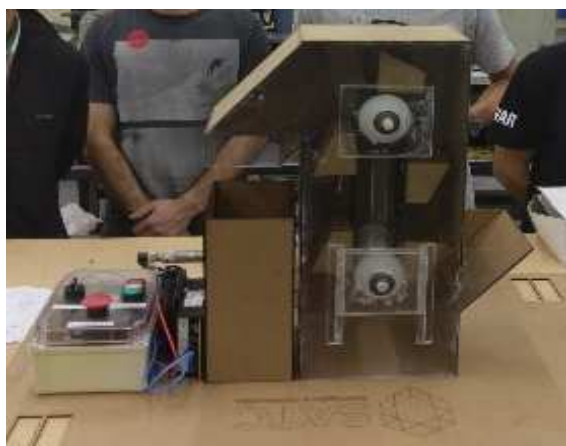
Após a argumentação, cada grupo fazia uso da literatura disponível e passou a esboçar os primeiros traços para colocar em prática suas idealizações.

Na fase do dimensionamento do conjunto, as equipes seguiram os seguintes passos:

- Estabelecer as condições de montagem, como uniões parafusadas ou rebitadas
- Indicar o estado superficial e tolerâncias dimensionais da montagem
- Elaborar os desenhos técnicos e simular o funcionamento via *softwares*;
- Escolha do tipo de elevador (centrífugo / contínuo);
- Definir a velocidade de operação;
- Dimensionamento do sistema de acionamento mecânico;

No desenvolvimento do protótipo, as equipes fizeram uso de software de 3D para elaboração dos desenhos técnicos, simulação de montagens e acessórios. Isso permitiu um progresso significativo do detalhamento estrutural e realizar o corte laser no laboratório de prototipagem da Faculdade SATC, o PRONTO 3D, conforme podemos observar na “Figura 4”.

Figura 4: Protótipo com sua base estrutural construído com MDF



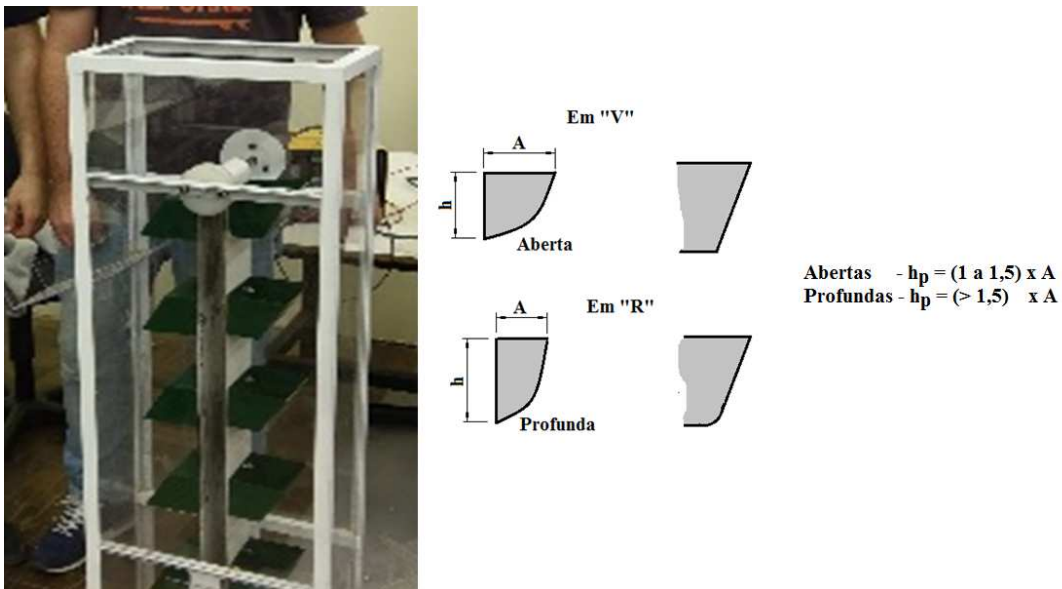
Fonte: Do autor



A distância entre centros foi adotada de acordo com a decisão de cada equipe, baseando-se nas dimensões finais do conjunto. E considerando que a correia lisa atenderia a necessidade, a mesma seria cortada, e ajustada com um esticador, de acordo com as medidas necessárias.

Para a escolha do tipo de canecas, foi optado pelo formato em “V”, em virtude de ser o mais recomendado para elevadores contínuos. Este tipo de caneca utiliza o próprio dorso como calha de descarga do material transportado (MAKOS, 2018). O seu perfil característico pode ser observado na “Figura 5”.

Figura 5: Tipo de canecas



Fonte: Do autor

A velocidade da correia foi obtida considerando o transporte de grãos de milho, com peso específico de  $7.400 \text{ N/m}^3$  para manter os parâmetros para todas as equipes. A fim de se determinar o valor da velocidade linear, foi observado a necessidade de se transportar  $1 \text{ m}^3$  de material. Desta forma, verificou-se que este cálculo está vinculado à capacidade real de carga.

De maneira simplificada, a sequência dos cálculos é representada abaixo.

Primeiramente, de acordo com a “Equação (1)”, foi possível obter a velocidade linear da correia (SILVA, 2008).

$$v = 2 \cdot \pi \cdot R \cdot N \quad (1)$$

Onde:

$v$  = Velocidade linear da correia [m/min]

$R$  = Raio efetivo da polia motora [m]

$N$  = Velocidade tangencial ou periférica da polia motora [rpm]

Após obter o valor da velocidade linear, utilizando-se a “Equação (2)”, pode-se chegar à capacidade mássica do elevador (SILVA, 2008).

$$Q = v \cdot n \cdot q \quad (2)$$

Onde:

Q = Capacidade do transportador [kg/h]

n = Número de canecas por metro de correia

q = Capacidade mássica de cada caneca [kg]

A potência do motor depende de uma série de fatores para um dimensionamento mais criterioso. Entretanto, para atender ao protótipo didático, foi utilizada a “Equação (3)” para se obter a potência do motor para acionamento do elevador carregado, considerando a altura e capacidade do elevador (SILVA, 2008).

$$P = 2,22 \cdot 10^{-4} (Q \cdot H) \cdot Fa \quad (3)$$

Onde:

P = Potência requerida [cv]

H = Altura de elevação do produto [m]

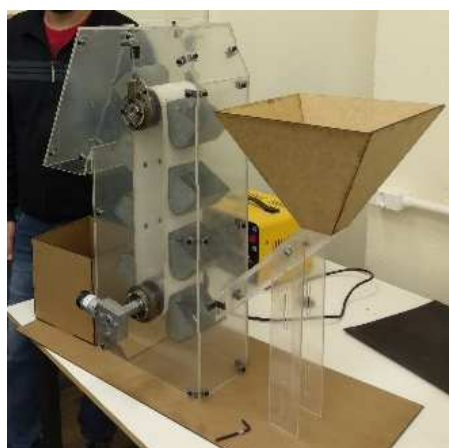
Fa = Fator de segurança (= 1,10 a 1,15)

De posse dos dados principais para a construção do protótipo, as equipes providenciaram a fabricação e montagem do seu projeto, seguindo o roteiro planejado e obedecendo o dimensionamento obtido e verificado no memorial de cálculo.

Após a finalização, foram realizados alguns testes de desempenho com o equipamento carregado para avaliação do comportamento de sua estrutura em funcionamento, confirmação da capacidade de transporte, eficiência na movimentação e possíveis correções e melhorias.

Na “Figura 6”, podemos observar uma alternativa de elevador onde a equipe optou por testar um projeto com características diferentes do conceito de elevador contínuo, optando por um elevador centrífugo.

Figura 6: Protótipo de elevador centrífugo



Fonte: Do autor

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia de ensino ABP empregada na formação do acadêmico preparando para as situações e possíveis problemas que possa encontrar em sua carreira profissional, se mostrou bastante pertinente no ensino da disciplina de Técnica de Máquinas e de Materiais.



O protótipo proposto, embora de caráter didático-pedagógico, envolveu uma série de conceitos que incentivaram os acadêmicos a desenvolver um equipamento funcional e de certa forma personalizado.

A atividade se mostrou ainda bastante interessante mesmo após o projeto finalizado, onde os alunos puderam observar sugestões de melhorias e algumas correções, como a proposta de uma equipe em instalar um “contra-recuo”. Esse dispositivo funciona para garantir a segurança do equipamento, atuando como uma trava para que a correia não retorne em função do peso da carga, numa eventual parada.

Os equipamentos construídos ficaram à disposição para aprimoramentos, pesquisa e atividades voltadas à formação acadêmica, bem como, para a utilização em novos ABP's de outras disciplinas, sobretudo, na área de automação e instrumentação.

Ainda como sugestão para trabalhos futuros, e possivelmente o desenvolvimento de uma nova atividade de ABP, foi proposta a ideia de automatizar o sistema de carregamento e controle do nível de material no silo de carga e descarga.

### ***Agradecimentos***

Os autores agradecem a Faculdade SATC pelo apoio na elaboração do projeto e no envio do artigo ao Cobenge 2018.

### **REFERÊNCIAS**

CASTELAN, Jovani.; BARD, Rosimere. Implementação das metodologias ativas de aprendizagem nos cursos presenciais de graduação. **Revista Vincci**, Criciúma, v.3, n.1, p. 2-22, 2018.

CORRÊA, N. R. *et al.* Experiência baseada em problemas na disciplina ciência dos materiais do curso de engenharia ambiental. In: XLI - Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia. ABENGE. 2013, Gramado. **Anais**.

DIESEL, Aline; MARCHESAN, Michele R.; MARTINS, Silvana. N. Metodologias Ativas de Ensino na Sala De Aula: Um Olhar de Docentes da Educação Profissional Técnica de Nível Médio. **Revista Signos**. Lajeado, n. 1, p. 153-169, 2016.

MAKOS, Greg; MATZKE, Tim. **Bucket elevator design: centrifugal Vs. continuous**. Disponível em: <https://www.printfriendly.com/p/g/Dx2yLs>. Acesso em: 10 Mai. 2018

RIBEIRO, Bruno. C. D. **O método de ensino Problem Based Learning e suas aplicações no curso de engenharia bioquímica da escola de engenharia de Lorena**. 53 f. Monografia. Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia de Lorena. USP: Lorena, 2016.

SALES, André B.; DEL, Arthur de M.; SALES, Márcia B. Avaliação da Aplicação da Aprendizagem Baseada em Problemas na Disciplina de Interação Humano e Computador de curso de Engenharia de Software. **Revista Novas Tecnologias na Educação**, Porto Alegre, v.11, n.3, 2013.

SILVA, Juarez S. *et al.* **Secagem e Armazenagem de Produtos Agrícolas**. Viçosa: Editora Aprenda Fácil. 2008

SOUSA, Sidnei O. Aprendizagem baseada em problemas (PBL – Problem-based learning): **estratégia para o ensino e aprendizagem de algoritmos e conteúdos computacionais**. 29 f. Tese (Mestrado). Faculdade de ciências e tecnologia UNESP. 2011

SOUZA. Samir C; DOURADO Luis. Aprendizagem baseada em problemas (PBL): Um método de aprendizagem inovador para o ensino educativo, **HOLOS**, Rio Grande do Norte, vol. 5, n. 31, 2015.

Xiong, Xinhong *et al.* A design process to eliminate bucket-to-bucket interference on chain bucket elevator. **Advances in Mechanical Engineering**. v. 8, p. 1-6, 2016

## **CONSTRUCTION OF A BUCKET ELEVATOR PROTOTYPE THROUGH PROBLEM-BASED LEARNING**

**Abstract:** *This paper presents an approach alternative of the issues involved by Machine Techniques and Materials discipline, in the course of Industrial Automation Technology of SATC Faculty. The proposal to build a bucket elevator prototype by means of Problem-Based Learning (PBL), aimed at the union of the multidisciplinary concepts studied during the course. The bucket elevator prototype was developed in order to obey a didactic concept that could attend beyond graduation, also to technical education, and can be applied in research and innovation in the area of automation. The performance of the bucket elevator prototype was evaluated according to its efficiency in the movement of grains, simplicity in assembly and maintenance. This article aims to report the development of the project, evaluating the solutions proposed by the students, the constructive characteristics and the steps for the correct sizing of the prototype. In a general observation of the results presented, it was verified that the activity brought unique experiences for each student, resulting in a growth of their learning, therefore, the union of multidisciplinary theoretical and practical knowledge, contribute to the professional training of the academic.*

**Key-words:** *PBL. Undergraduate teaching. Bucket elevator.*