

**UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ
LUCAS DE SOUZA OLIVEIRA
THIAGO HORTA PETERLINE**

**INOVAÇÃO NO EMBALAMENTO E TRANSPORTE
PARA VIDROS PLANOS**

**Taubaté - SP
2019**

**LUCAS DE SOUZA OLIVEIRA
THIAGO HORTA PETERLINE**

**INOVAÇÃO NO EMBALAMENTO E TRANSPORTE
PARA VIDROS PLANOS**

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

Orientador(a): Prof. Msc. Antônio Carlos Tonini

**Taubaté – SP
2019**

SIBi - Sistema Integrado de Bibliotecas / UNITAU

O482i Oliveira, Lucas de Souza
Inovação no embalamento e transporte para vidros planos
/ Lucas de Souza Oliveira, Thiago Horta Peterline. – 2019.
42f. : il.

Monografia (graduação) – Universidade de Taubaté, Departamento
de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2019.

Orientação: Prof. Me. Antonio Carlos Tonini, Departamento de
Engenharia Mecânica.

1. Segurança. 2. SteelCap. 3. Sustentabilidade. 4. Versatilidade. I.
Peterline, Thiago Horta. II. Graduação em Engenharia de Mecânica. III.
Título

CDD 658.5

LUCAS DE SOUZA OLIVEIRA
THIAGO HORTA PETERLINE

INOVAÇÃO NO EMBALAMENTO E TRANSPORTE PARA VIDROS PLANOS

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Graduação do curso de Engenharia Mecânica do Departamento de Engenharia Mecânica da Universidade de Taubaté.

DATA: 03-12-2019

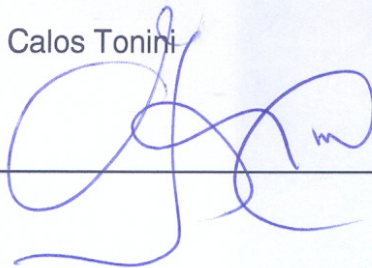
RESULTADO: Aprovado

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Msc Antônio Calos Tonini

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: _____



Prof. Msc Ivair Alves dos Santos

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Assinatura: _____



Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, amigos e professores que estiveram junto a nós durante todo curso.

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradecemos a Deus, provedor de nossa saúde e perseverança para realização de nossos objetivos pessoais.

À empresa ADEZAN LOGÍSTICA E EMBALAGENS por nos fornecer todo conhecimento técnico fundamental para realização deste trabalho, em especial ao gestor da unidade de Caçapava Alexandre Fernandes, o diretor Sr. Rui Marson e ao Presidente e CEO Sr. Cesar Zanchet pelo imenso suporte.

Às nossas respectivas famílias pelo enorme incentivo durante toda a jornada, nos ajudando a superar os momentos de dificuldade e nos tornando mais fortes para enfrentarmos as batalhas diárias.

À Universidade de Taubaté – UNITAU, que nos proporcionou o conhecimento fundamental para inserção no mercado de trabalho e nos tornar profissionais qualificados.

Ao nosso orientador, Professores Msc Antonio Carlos Tonini e *coorientador Prof. (Dr. Msc) Ivair Alves dos Santos* por todo apoio e dedicação junto a nós durante este trabalho.

“O estudo é essencial para a realização do necessário. A prática é o necessário para a realização com perfeição do possível. Aquele que estuda e pratica, certamente realizou o impossível.”
(MARCO AURÉLIO SANTOS)

RESUMO

Buscando praticidade, agilidade e sustentabilidade para um transporte mais seguro de vidros planos, a Adezan Indústria de Embalagens & Serviços LTDA desenvolveu a SteelCap®, uma embalagem revolucionária para o setor vidreiro. Ela se destaca pela facilidade em sua montagem e produção, no embalamento dos produtos e a segurança que a mesma oferece ao vidro no ato do transporte até o cliente. Este trabalho tem como objetivo abordar os processos de fabricação e montagem da embalagem em questão e também sua alta versatilidade quanto aos diferentes meios de transporte, descrevendo diferentes tipos de carregamentos e os elementos que garantem total segurança da carga a ser transportada. Um destaque para o AZ-Rack, um dispositivo também desenvolvido pela ADEZAN, que funciona como uma cantoneira metálica para que sejam acoplados com maior segurança no transporte rodoviário dos vidros já embalados. Por fim, os ensaios de tração e elementos finitos, além dos procedimentos de segurança extras, como o Cord Strap, a fita PET e cliques metálicos para travamento da carga de maneira estratégica, garantem a segurança e eficiência. Sua praticidade reflete nos custos desta novidade que vem ganhando cada vez mais espaço no setor logístico de vidros.

Palavras-chave: SteelCap. Sustentabilidade. Segurança. Versatilidade.

ABSTRACT

Seeking practicality, agility and sustainability for safer glass transportation, Adezan Packaging and Service Industry LTDA developed SteelCap®, a revolutionary packaging for the glass industry. It stands out by the ease of assembly and production, at packaging and safety for the glass until it is delivered to the customer. This work aims to address the manufacturing and assembly processes of the packaging and also its high versatility regarding the different means of transportation, describing different types of loads and the elements that guarantee total safety of the cargo that it's been transported. A highlight for AZ-Rack, a device also developed by ADEZAN, which acts as a metal gusset so that they can be safely coupled to the road transport of already packed glass. Finally, traction test and finite element testing, as well as extra safety procedures such as Cord Strap, PET tape and metal clips for strategic cargo transportation, ensure safety and efficiency. Its practicality reflects the costs of this novelty that has been gaining more and more space in the glass logistics sector.

KEYWORDS: SteelCap. Sustainability. Safety. Versatility.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Processos de fabricação do vidro.....	19
Figura 2 – Exemplo de ensaio de elementos finitos.....	26
Figura 3 – Embalagem Steel Cap detalhada	28
Figura 4 – Embalamento em berço vertical (passo a passo)	30
Figura 5 – Embalamento em mesa tombadora de vidro.....	31
Figura 6 – Içamento correto para movimentação.....	32
Figura 7 – Dispositivo Pinocchio.....	33
Figura 8 – Estufagem container	34
Figura 9 – Par de cavaletes AZ RACK®	35
Figura 10 – Carregamento AZ RACK®	36
Figura 11 – Resultados do teste de elementos finitos.....	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Constantes Físicas dos Aços.....	21
Tabela 2 – Propriedades Mecânicas dos Aços Estruturais Padrão ABNT.....	21
Tabela 3 – Propriedades Mecânicas dos Aços Galvanizados Padrão NBR7008..	22
Tabela 4 – Processos de Conformação Segundo a Solicitação.....	24
Tabela 5 – Resultados do teste de tração.....	37

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEO	Chief Executive Officer
A.C	Antes de Cristo
MPa	Mega Pascal
NBR	Norma Brasileira Regulamentadora
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
MIG	Metal Inert Gas
E.V.A	Ethylene Vinyl Acetate
PET	Polietileno tereftalato
FOS	Factor Of Safety

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	14
1.1 OBJETIVOS.....	15
1.1.1 Objetivo Geral.....	15
1.1.2 Objetivos Específicos.....	15
1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO.....	15
1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO.....	16
1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO.....	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	17
2.1 IMPORTÂNCIA DAS EMBALAGENS.....	18
2.2 HISTÓRIA DO VIDRO.....	18
2.2.1 Composição do vidro.....	19
2.3 DEFINIÇÃO DO AÇO.....	20
2.3.1 Aço galvanizado.....	22
2.4 PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA.....	23
2.4.1 Dobramento de chapas.....	24
2.5 TESTE DE MATERIAIS POR MEIO DE ELEMENTOS FINITOS.....	25
3 METODOLOGIA.....	27
3.1 ABORDAGEM QUANTITATIVA NO MÉTODO DE PESQUISA.....	27
3.2 DE ACORDO COM O OBJETIVO.....	27
3.3 DE ACORDO COM OS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS.....	27
4 DESENVOLVIMENTO.....	28
4.1 A EMBALAGEM (STEEL CAP®).....	28
4.2 PROCESSO DE EMBALAMENTO E IÇAMENTO.....	30
4.2.1 Embalamento em berço vertical.....	30
4.2.2 Embalamento em mesa tombadora de vidro.....	31
4.2.3 Içamento.....	32
4.3 TIPOS DE CARREGAMENTO (TRANSPORTE).....	32
4.3.1 Via marítimo (container).....	33
4.3.2 Via rodoviário (Az Rack ®).....	35
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	37
5.1 RELATÓRIO DE ENSAIO DE TRAÇÃO (STEEL CAP ®).....	37
5.2 RELATÓRIO DE ENSAIO POR ELEMENTOS FINITO (AZ RACK®).....	38
6. CONCLUSÃO.....	40
REFERÊNCIAS.....	42

1 INTRODUÇÃO

Cada vez mais surgem novos produtos, ligados a todos os tipos de mercados. Atrelados a esses novos produtos há algo muito importante e que na maioria das vezes acabamos não dando muita importância a sua necessidade, estamos falando das embalagens. Podemos dizer que as embalagens são o meio de conexão entre o produto e o cliente.

Independente de qual seja o ramo, grande parte do mercado necessita de embalagem para realizar o armazenamento, transporte e distribuição final do seu produto. Tanto uma pequena empresa de refrigerante quanto uma multinacional que fabrica cilindros para laminadores, ambos precisam embalar seus produtos de forma correta e que seja apropriada para os mesmos. Podendo ser um projeto simples para uma caixa de chocolates, como altamente complexo se tratando do armazenamento e transporte, por exemplo, de vidros planos, produtos químicos, boninas de aço, entre outros. E nos casos desses materiais mais complexos, é importantíssima a presença de uma equipe de engenharia envolvida para realizar todos os estudos necessários, evitando qualquer tipo de dano, seja ele qual for.

O setor vidreiro tem sido um ótimo desafio para quem atua nos projetos de embalagens, por se tratar de um tipo de material altamente frágil, que envolve vários riscos em toda sua operação. Com todo esse cuidado e risco, cada vez mais surgem inovações ligadas ao embalamento, transporte, movimentação e armazenamento desse tipo de material. E ligado a isso surgem sempre estudos para fazer com que a embalagem seja a mais sustentável possível, gerando assim embalagens que muitas vezes acabam podendo ser reutilizadas, gerando um ciclo de Política Reversa, evitando o consumo excessivo de matéria prima para a produção de novos protótipos.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

O objetivo desta pesquisa tem como objetivo apresentar uma evolução no conceito de embalagem para vidros planos com a criação da Steel Cap. Utilizando apenas aço e papel, o que a torna reutilizável, esta embalagem impressiona quanto a redução de peso, segurança e praticidade.

1.1.2 Objetivos Específicos

O objetivo específico deste trabalho, consiste apresentar de maneira geral a Steel Cap, focando na praticidade entre diferentes meios de transporte que esta nova embalagem possibilitou. Apresentamos também os diferentes testes realizados para garantir os fatores de satisfação do cliente.

1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa de logística e embalagem localizada no Vale do Paraíba chamada ADEZAN INDUSTRIA DE EMBALAGENS E SERVIÇOS LTDA. Uma empresa pioneira no ramo de embalagens que visa a inovação de maneira cada vez mais sustentável.

Visando uma maior satisfação do cliente, sustentabilidade e segurança houve um alto investimento para pesquisa, que proporcionou um grande avanço para o transporte de vidros.

1.3 RELEVÂNCIA DO ESTUDO

O tema abordado neste trabalho tem como princípio mostrar os benefícios da implementação desta embalagem e também a versatilidade da Steel Cap. Desta forma, exemplificamos as maneiras de carregamento utilizadas que garantiram maior eficiência e produtividade.

1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

O trabalho está estruturado em capítulos e subcapítulos. No capítulo 1, são expostos a justificativa do estudo, o escopo do trabalho, os objetivos e a metodologia adotada.

O capítulo 2 apresenta uma revisão da literatura sobre o avanço das embalagens e sua relevância no mundo atual, uma explicação geral dos materiais utilizados e a finalidade dos testes mecânicos.

O capítulo 3 explica a metodologia adotada na pesquisa, apresentando como foi feita a coleta, obtenção dos dados e como foi conduzida a pesquisa na empresa automotiva.

O capítulo 5 apresenta as considerações finais, conclusões e sugestões para trabalhos futuros.

Por fim, são apresentadas as referências utilizadas neste trabalho.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Não se sabe ao certo quando foi criada a primeira das embalagens, mas este fundamento pode ser analisado até na origem do homem, onde ele criou maneiras para transportar seus suprimentos, como água e comida por meio de conchas ou até crânios de animais. O que nos mostra que a embalagem sempre esteve presente em nossa sociedade (FEITOSA, et al, 2017).

Com a necessidade de expansão e transporte de mercadorias em 3000 A.C começam então a serem criadas embalagens mais desenvolvidas, feitas principalmente de argila e fibras naturais. Com a iniciação da produção de vidro em pequena escala e produtos cosméticos em meados de 300 A.C, por serem de difícil obtenção, muito frágeis e em pequenas quantidades inicia-se então uma maior preocupação com o armazenamento e o transporte (FEITOSA, et al, 2017).

A real preocupação e estudo com as embalagens começam em meados do século XVIII e XIX, quando temos o aperfeiçoamento das embalagens de vidro e a produção em larga escala de produtos movidos a energia a vapor. Pois pela fragilidade dos produtos, as perdas começaram a se tornar significante. Então cria-se uma demanda para embalagens que suportassem as condições de transporte até o cliente final (BANZATO, 1997).

Nos tempos atuais temos a embalagem um item indispensável para qualquer sociedade industrializada. Além disso, temos a preocupação com os materiais utilizados nas mesmas, seu descarte e a preservação do meio ambiente. A embalagem é uma forma de penetrar a sociedade e sua economia, ela é tão fundamental que afeta diretamente na qualidade do produto e desta forma a qualidade de vida de toda uma sociedade (FEITOSA, et al, 2017).

2.1 IMPORTÂNCIA DAS EMBALAGENS

A embalagem tem como conceito a armazenagem e transporte de um determinado produto garantindo as perfeitas condições do mesmo, estas podem apresentar uma variedade enorme de formas e materiais em que são projetadas. Atualmente, a embalagem está diretamente relacionada com a tecnologia, já que a preservação do produto final é essencial, o que engloba uma engenharia muito complexa por trás para o acondicionamento destes materiais (ALVES, 2001).

Além disso, cada embalagem tem sua finalidade dependente do seu segmento, como no caso do marketing, é utilizada como atrativo para o cliente, para os processos de engenharia além de proteção e contenção do produto, ou seja, mas todas têm uma única finalidade: garantir a integridade do produto até seu cliente final em segurança. A embalagem não tem como responsabilidade apenas o embalamento, mas também o transporte da mesma, independente da maneira ou caso (ALVES, 2001).

Podemos até dizer que a embalagem faz parte do produto, em que distribuição segura até o destino final em uma economia complexa e onde os níveis aceitáveis de perdas como a nossa, vem tornando a embalagem cada vez mais um produto de extrema importância. O fator embalagem tem sempre que ser levado em conta, pelo simples fato que se um carregamento inteiro é perdido, pode acarretar em grandes perdas a uma multinacional, por exemplo (BANZATO, 1997).

2.2 HISTÓRIA DO VIDRO

O vidro pôde ser observado pelo homem na natureza, quando erupções vulcânicas fundiam rochas que estavam pelo terreno, formando assim vidros naturais. A humanidade então passou a confeccionar utensílios com este novo material, em maior parte como instrumentos para corte. Os seres humanos estavam descobrindo então, uma nova tecnologia (FEITOSA, et al, 2017).

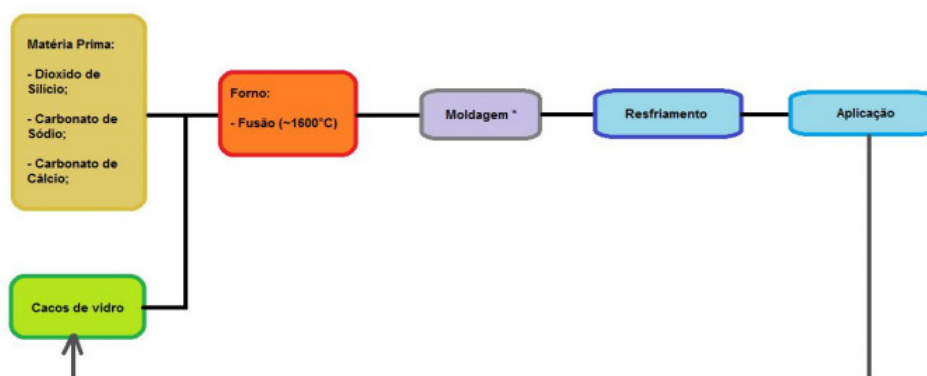
Ao longo do tempo, os seres humanos foram aperfeiçoando cada vez mais o vidro a ponto de descobrir como fabricá-lo, a data exata do seu “descobrimento” é incerta, mas datam-se 7000. a.C. seus primeiros relatos. Aperfeiçoaram-se as técnicas de sua fabricação no Egito, quando eram adicionados alguns compostos para pigmentação. No Império Romano, o vidro participa culturalmente, sendo muito utilizado para confecções de vitrais nas igrejas (BANZATO, 1997).

Com o desenvolvimento das tecnologias de fabricação do vidro, como o controle de temperatura em fornos, o ser humano foi se habituando e desvendando suas propriedades. Assim o vidro foi cada vez mais ganhando espaço na sociedade, sem tornando indispensável no planeta, sendo um material versátil e reciclável (FEITOSA, et al, 2017).

2.2.1 Composição do vidro

O vidro é composto basicamente de dióxido de silício, carbonato de sódio e carbonato de cálcio, elementos que quando fundidos em uma média de 900 °C e logo em seguida, são moldados e resfriados. Esta é uma maneira resumida para obtenção de vidro simples, sendo uma técnica utilizada por milhares de anos. Atualmente existe uma ampliada gama de materiais que desempenham a ação das três etapas essenciais para formação de vidro: formador, fundente e agente modificador. Existem duas etapas que complementam o processo, são elas o agente de cor e o agente de refino. O processo de produção do vidro é mostrado na Figura 1: (FEITOSA, et al, 2017).

Figura 1 – Processos de fabricação do vidro.



Fonte: FEITOSA, et al, (2017)

O vidro é um material muito peculiar, sendo considerado um sólido amorfo por Shelby em 1997, atualmente vidro é definido como um sólido não-cristalino, ou seja, qualquer material vítreo. Suas peculiaridades o tornam um material único e com características específicas ainda em estudo para aplicação. Além de tudo, o vidro é um material totalmente reciclável, podendo ser reutilizado inteiramente para produção de novos materiais (ALVES, 2001).

2.3 DEFINIÇÃO DO AÇO

De acordo com Pfeil (2009) nos tempos atuais há três tipos de metais ferrosos mais utilizados, são eles: aço, ferro fundido e ferro forjado, sendo o aço o mais utilizado e recomendado.

Falando mais precisamente do aço e do ferro fundido, podemos dizer que os dois possuem algumas particularidades semelhantes, entre elas, é que os dois tipos de materiais são ligas de ferro e carbono, podendo conter mais dois tipos de elementos envolvidos. O primeiro tipo com alguns elementos padrões como o fósforo, silício, manganês e enxofre. E o segundo podendo possuir alguns elementos com intuito de melhorar o desempenho do material em relação as propriedades físicas e mecânicas (PFEIL, 2009).

Sendo o aço um tipo de liga completamente delicado de se definir, devido a sua gama ampla de elementos e variações de acordo com o tipo de esforço e trabalho aplicado, isso se configura devido ao fato dos aços comerciais não possuírem uma liga binária. Por mais que há dois elementos essenciais (ferro e carbono), os aços possuem sempre alguns tipos de elementos secundários presentes, devido ao seu processo produtivo e ao tipo de aço desejado (CHIAVERINI, 1996).

De acordo com CHIAVERINI (1996) O aço é a liga ferro-carbono em que o teor de carbono varia desde 0,008% até 2,11%. Quanto mais carbono for inserido mais resistente o material se tornará, porém ao mesmo tempo se torna mais frágil. Já o aço com baixo teor de carbono é mais dúctil, porém possui baixa resistência a tração. O limite de resistência a ruptura por compressão ou por tração são iguais em aços estruturais variando entre amplos limites, desde 300MPa até valores que ultrapassam 1200(MPa) conforme Tabelas 1 e 2 (PFEIL, 2009).

Tabela 1 – Constantes Físicas dos Aços

CONSTANTE FÍSICA	VALOR
Módulo de deformação longitudinal	200.000 - 210.000 Mpa
Coefficiente de Poisson	0.3
Coefficiente de dilatação térmica	12×10^{-4} por °C
Massa específica	7.850 kg/m^3

Fonte : NBR8800 (2008) - adaptada pelo autor

Tabela 2 – Propriedades Mecânicas dos Aços Estruturais Padrão ABNT

DESCRIÇÃO	CLASSE/GRAU	TENSÃO DE ESCOAMENTO (Mpa)	TENSÃO DE RUPTURA (Mpa)
1 - Aços para perfis laminados para uso estrutural NBR 7007	MR 250	250	400-560
	AR350	350	450
	AR415	415	520
	AR350-COR	350	485
2 - Chapas finas de aço-carbono para uso estrutural NBR 6648	CG-26	255	410
	CG-28	275	440
3 - Chapas finas de aço-carbono para uso estrutural (a frio/a quente) NBR 6649/NBR 6650	CF-26	260/260	400/410
	CF-28	280/280	440/440
	CF-30	-/300	-/490
4 - Chapas grossas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica NBR 5000	G-30	300	415
	G-35	345	450
	G-42	415	520
	G-45	450	550
5 - Chapas finas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica NBR 5004	F-32/Q-32	310	410
	F-35/Q-35	340	450
	Q-40	380	480
	Q-45	450	550
6 - Chapas grossas de aço de baixa liga resistentes à corrosão atmosférica para usos estruturais NBR 5008	CGR 400	250	380
	CGR 500 e CGR 500A	370	490
7 - Chapas finas de aço de baixa liga e alta resistência mecânica resistentes à corrosão atmosférica para usos estruturais (a frio/a quente) NBR 5920/NBR 5921	CFR 400	-/250	-/380
	CFR 500	310/370	450/490
8 - Perfil tubular de aço-carbono, formado a frio, com e sem costura, de seção circular, quadrada ou retangular, para usos estruturais NBR 8261	B - seção circular	290	400
	B - seção retangular	317	400
	C - seção circular	317	427
	C - seção retangular	345	427

Fonte : NBR8800 (2008) - adaptada pelo autor

2.3.1 Aço galvanizado

A galvanização do aço é feita através da zincagem por imersão a quente e é um dos processos mais vantajosos para realizar a proteção do aço contra a corrosão atmosférica e permitindo uma boa soldabilidade. Essa proteção do aço pelo revestimento do zinco pode ser realizada com auxílio de dois mecanismos: **proteção por barreira** exercida pela camada de revestimento e **proteção galvânica**, operante nos casos de exposição simultânea do par aço-zinco para pequenas discontinuidades do revestimento. Atualmente há três tipos de metais ferrosos mais utilizados, são eles: aço, ferro fundido e ferro forjado, sendo o aço o mais utilizado e recomendado. Outra curiosidade bem interessante é o fato do zinco ser um elemento com alta capacidade metalúrgica de ligação com o aço base por meio de ligações intermetálicas, constituindo assim um perfeito material homogêneo e integrado (CSN, 2019).

Suas principais características são o aumento da resistência à corrosão atmosférica, o bom desempenho no processo de soldagem, boa aderência a pintura, características diferenciadas de resistência, rigidez e ductibilidade e possui boa conformabilidade, sendo muito utilizada no setor de estampagem. A norma regulamentadora para esse tipo de tratamento é a NBR 7008/2012 com o título “Chapas e bobinas de aço revestidas com zinco ou liga zinco-ferro pelo processo contínuo de imersão a quente”. Abaixo podemos observar na Tabela 3 algumas especificações e propriedades mecânicas dos aços galvanizados (CSN, 2019).

Tabela 3 – Propriedades Mecânicas dos Aços Galvanizados Padrão NBR7008

Norma	Grau	Revestimento	Espessura (mm)	C	Mn	Al	P	S	Outros	Direção	Ensaio	Tração	LE (Mpa)	LR (Mpa)	Alongamento			Dureza (HRB)				
															Espessura (mm)	BM (mm)	% mín					
NBR 7008	ZC	GI/GA	0,38 - 3,00	0,15 máx	0,60 máx	-	0,04 máx	0,04 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
NBR 7008	ZE		0,40 - 2,30	0,10 máx	-	-	0,03 máx	-	-	-	140 - 300	420 máx	-	-	26	-						
NBR 7008	ZEE GRAU 1		0,45 - 2,30	0,08 máx	0,45 máx	0,01 mín	0,09 máx	0,02 máx	-	-	TRANSVERSAL	-	-	-	-	-	(1)	50	-			
NBR 7008	ZEE GRAU 2																			140 - 220	350 máx	37
NBR 7008	ZEE GRAU 3																			140 - 200	350 máx	40
NBR 7008	ZEE GRAU 4																			140 - 180	350 máx	40
NBR 7008	ZAR 230		0,38 - 3,00	0,20 máx	-	-	0,04 máx	0,04 máx	-	-	-	230 mín	310 mín	-	-	-	22	-				
NBR 7008	ZAR 250		0,38 - 3,00		-	-	0,10 máx		-	-	250 mín	350 mín	-	-	50	18	-					
NBR 7008	ZAR 280		0,45 - 3,00		-	-	0,10 máx		-	-	280 mín	380 mín	-	-	-	16	-					
NBR 7008	ZAR 345		0,60 - 3,00		-	-	0,20 máx		-	-	345 mín	430 mín	-	-	50	12	-					
ASTM A 792	QC	GI/NL	0,38 - 1,95	0,15 máx	0,60 máx	-	0,05 máx	0,05 máx	-	-	-	-	-	-	-	-	-					

Fonte: Adaptado pelo autor base Usiminas (2013)

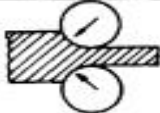






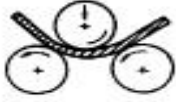

2.4 PROCESSO DE CONFORMAÇÃO MECÂNICA

A conformação dos metais já faz parte da humanidade há muito tempo. Antes de pensarmos em dar geometria aos metais, povos antigos já utilizavam a conformação mecânica para realizar a confecções de artefatos e objetos na forma desejada. Desde armas e espadas por meio de forjamento, até confecção de moedas e enfeites por cunhagem (GRÜNING, 1973).

A definição para conformação dos metais seria a modificação da geometria de um corpo metálico para outro predefinido com dimensões finais esperadas. Existem dois modos de se conformar o metal, o primeiro é por processos mecânicos, onde serão aplicadas tensões externas para a modificação da forma, e o segundo modo é o de metalurgia, onde altera-se a forma devido a trabalho com altas temperaturas (GRÜNING, 1973).

Conformação é totalmente diferente de deformação, na conformação como já dito, o metal altera sua forma para outra forma desejada, enquanto na deformação a alteração da forma é algo involuntário e muitas das vezes indesejado. A natureza da técnica da conformação está no deslocamento das partículas do material sólido, através do amassamento do corpo rígido. Há um critério criado por KIENZLE que distingue os processos de conformação em 3 tipos, são eles: sob compressão, sob tração e sob a ação combinada de compressão e tração conforme Tabela 4 (GRÜNING, 1973).

Tabela 4 – Processos de Conformação Segundo a Solicitação Predominante na Zona de Conformação

Processo	Força Preponderante	Trabalho		Ilustração	Semi-produtos ou produtos	
		a quente	a frio		Acabados	Não-acabados
Laminação	Compressão direta	x			Placas Chapas Barras Perfis	Placas Chapas Barras
			x		Chapas	
Trefilação	Compressão indireta		x		Barras Arame Fios	Barras Arame Fios Tubos
Extrusão	Compressão indireta	x			Tubos	Barras Tubos Perfis
			x		Peças pequenas extrudadas	Peças longas extrudadas
Forjamento	Compressão direta	x			Peças forjadas	
			x		Peças pequenas forjadas	
Estampagem (profunda)	Compressão indireta em parte	x			Peças grandes estampadas (a partir de placas)	
			x		Peças de chapas estampadas	
Estiramento de chapas	Tração		x		Peças de chapas estiradas	
Dobramento	Flexão	x	x		Peças de chapas e tiras dobradas	
Calandragem	Flexão		x		Tubos	
Corte	Cisalhamento	x	x		Peças cortadas de chapas ou perfis pequenos diversos	

Fonte: GRÜNING (1973)

2.4.1 Dobramento de chapas

No processo de dobramento de chapas, uma peça inicialmente plana sofre deformações plásticas devido aos esforços aplicados em duas direções contrárias, gerando tensões de tração e compressão, provocando uma flecha. Assim mudando a forma plana do material em duas superfícies concorrentes, em ângulo, e formando na junção, um raio de concordância. Os esforços surgem justamente nessas áreas de concordâncias, onde existem tensões de compressão na região interna, e de tração na região externa do material. A eventual fratura ocorre na tensão de tração, ou seja, na parte externa (MARTINS, 2015).

A deformação plástica que surge com a operação de dobramento acaba trazendo algumas alterações, sendo elas, a diminuição da espessura inicial devido as tensões de tração, e por outro lado, a largura acaba aumentando devido as tensões de compressão. Uma dica importante é que o ângulo de dobramento tem que ser sempre maior na operação do que o indicado e determinado, devido ao retorno do material pela deformação elástica, que será maior quanto maior for a espessura da chapa, maior o limite de escoamento, maior for o ângulo de dobramento e menor o raio de dobramento (MARTINS, 2015).

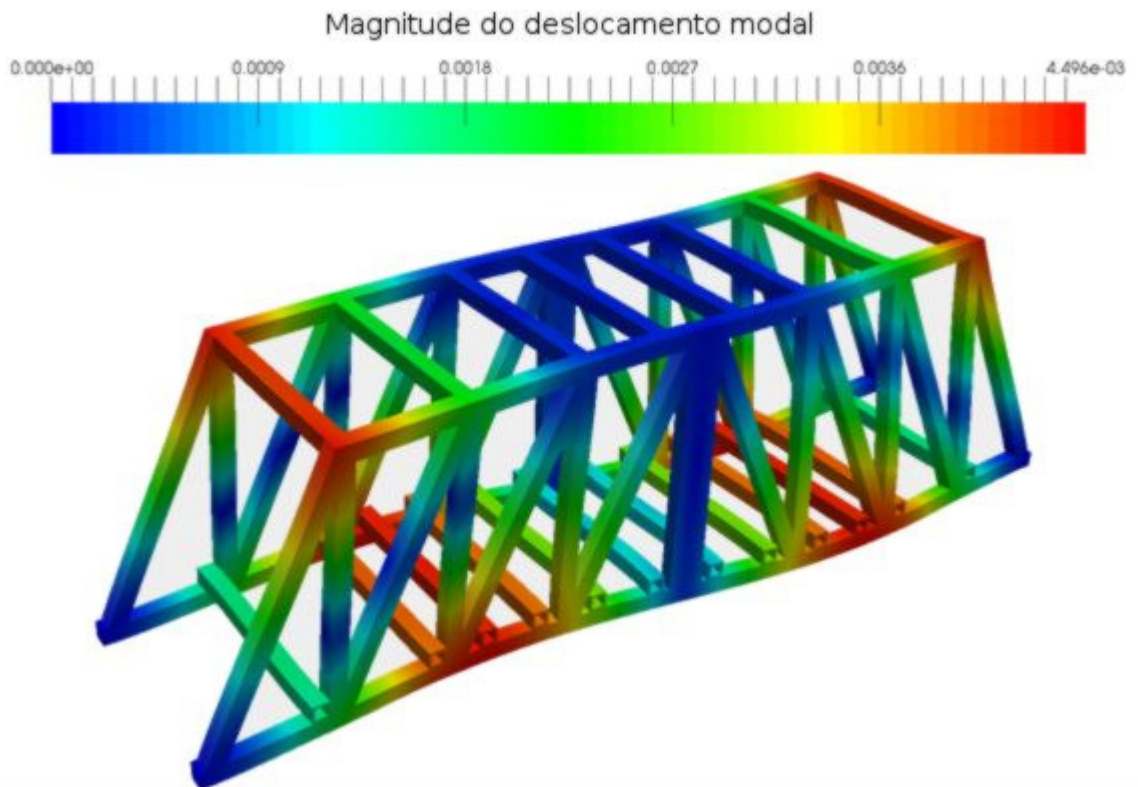
2.5 TESTE DE MATERIAIS POR MEIO DE ELEMENTOS FINITOS

O método de elementos finitos parte de equações extremamente complexas para definição de tensões, forças aplicadas à uma estrutura e também a deformação que o material de análise irá sofrer depois de finalizada tal estrutura. O conceito de elementos finitos é conhecido desde o século XIX, mas sua aplicação veio com estudos aprofundados e diversos testes que comprovaram a teoria (AZEVEDO, 2003).

Atualmente diversos softwares desenvolvem estas complexas equações em questões de segundos, com resultados precisos e análises detalhadas. Isto proporcionou um grande avanço para engenharia, já que temos a previsão do que realmente pode vir ocorrer em situações adversas naquela estrutura em questão. No entanto, cabe ao engenheiro, quanto seu conhecimento de equilíbrio e deslocamento de diferentes perfis, operar este software, que está sujeito ao erro humano (AZEVEDO, 2003).

Softwares como SolidWorks e AutoCad possuem a capacidade de realizar tal análise e até hoje continuam sendo os mais utilizados. Estes softwares partem do conceito de dividir o perfil de toda a peça em pequenas estruturas triangulares e quadrangulares, e então realizar a análise de tensões em diferentes pontos, gerando gráficos de tensões por toda a peça. Neste gráfico de tensões temos códigos de cores, onde cores quentes são pontos mais críticos de tensão. Geralmente nestes gráficos, vermelho representa valores de compressão e verde valores de tensão, um exemplo do resultado é mostrado na Figura 2 (JUNIOR, 2003).

Figura 2 – Exemplo de ensaio de elementos finitos.



Fonte: SimScale GmbH (2009)

Após a análise do software, cabe ao engenheiro analisar a viabilidade do projeto ou redimensionar tal peça. Isso é uma peculiaridade de cada projeto, que acaba adotando materiais específicos para confecção da peça desejada. Este processo envolve toda uma equipe especializada para minimizar ao máximo falhas que possam acarretar em perigo ou até mortes (JUNIOR, 2003).

3 METODOLOGIA

3.1 ABORDAGEM QUANTITATIVA NO MÉTODO DE PESQUISA

O nosso trabalho possui uma ampla relevância na abordagem quantitativa por se tratar de um produto que necessita de precisão e segurança devido a sua finalidade que é o embalamento de vidros planos. Foram realizados diversos tipos de testes e simulações para concretizar a eficiência e resistência do material.

3.2 DE ACORDO COM O OBJETIVO

Podemos descrever nossa pesquisa como descritiva e explicativa, uma vez que estamos descrevendo uma inovação já criada, a embalagem Steel Cap® utilizando como ferramentas coleta e levantamentos de dados quantitativos.

Juntamente a essa descrição, também explicamos detalhadamente todos os processos da embalagem, desde o seu processo de fabricação até os processos de carregamentos e logística até a chegada no cliente final.

3.3 DE ACORDO COM OS PROCEDIMENTOS TÉCNICOS

Alguns procedimentos técnicos foram adotados para a elaboração desse trabalho, sendo eles o procedimento de pesquisa bibliográfica, onde foi desenvolvido o estudo baseado em materiais já elaborados, utilizando livros, artigos científicos e pesquisas documentais. E também o procedimento de pesquisa experimental, onde obtivemos dados através de experimentos e testes de resistência, estabelecendo controle e resultados conclusivos para a utilização do produto referido.

4 DESENVOLVIMENTO

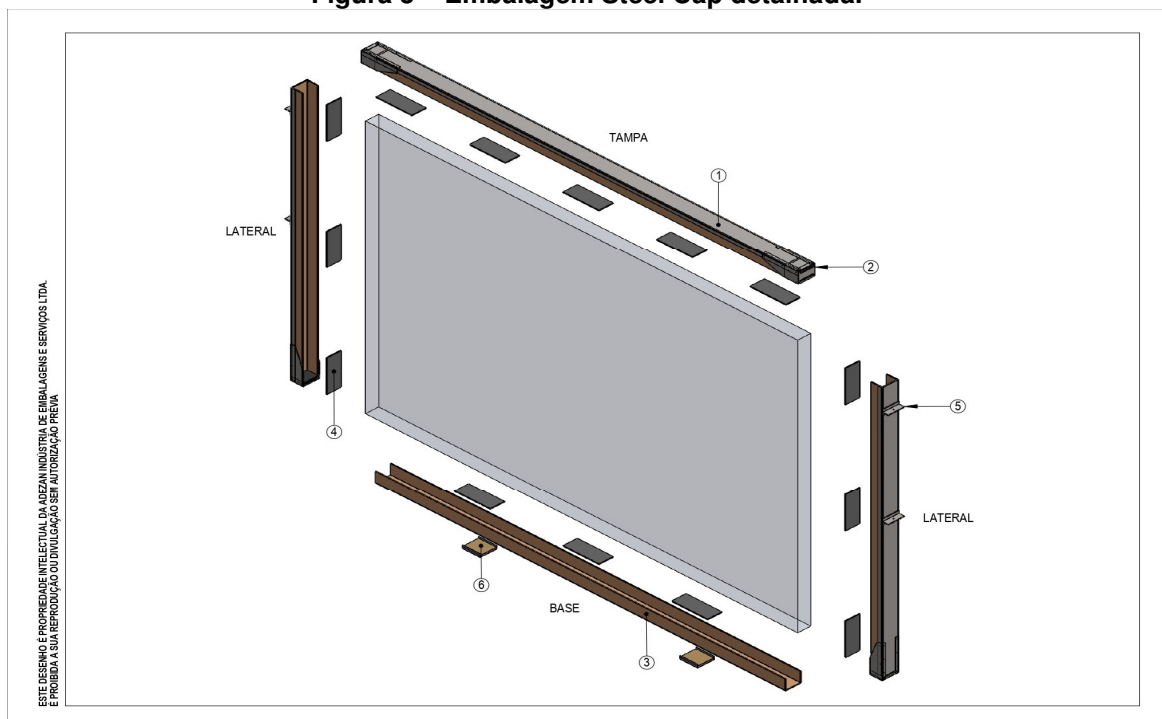
Nesse capítulo iremos abordar mais a fundo sobre a **SteelCap®**, embalagem inovadora e revolucionária que agradou bastante o setor vidreiro, criada e patenteada mundialmente pela empresa *Adezan Indústria de Embalagens & Serviços LTDA*.

Chamando atenção devido a diferença de peso, baixo custo, sustentabilidade e fácil mobilidade em relação as embalagens até então existentes, contendo variados métodos de carregamento e transporte, visando atender todas as exigências de seus clientes, seja em questão de espaço ou maquinário, com isso a Steel Cap vem ganhando força no mercado.

4.1 A EMBALAGEM (STEEL CAP®)

A embalagem é bem parecida com uma moldura de quadro, onde envolve as placas de vidro plano por toda sua extremidade. Ela é constituída por diversos tipos de materiais, sendo eles: chapa de aço galvanizado minimizado conforme NBR7008, papel kraft, borracha E.V.A, placa de compensado, barra de aço em “T” e cola quente, conforme mostra a Figura 3:

Figura 3 – Embalagem Steel Cap detalhada.



Fonte: ADEZAN (2019)

O aço galvanizado minimizado NBR7008 em formato de bobina passa por uma perfiladeira de metal, onde sofre o processo de conformação mecânica (estampo, corte e dobra), dando forma de perfil U para confecção da lateral e tampa, conforme indicação 1 na figura 3.

A indicação 2 refere-se a cabeça da caixa, também utilizando o aço galvanizado, porém, diferentemente do processo da lateral e tampa, a cabeça não passa pelo processo de dobra na primeira máquina, onde somente se realiza o corte da chapa no comprimento desejado. A mesma terá sua conformação por dobra em uma dobradeira específica para obter o dimensional esperado.

O perfil “U” de papel kraft, com indicação de número 3, é confeccionado também por uma máquina perfiladeira, que une um conjunto de rolos de papel através de irrigações de cola no percurso da máquina, após a junção das folhas de papel, a máquina prossegue para a conformação em “U” e posteriormente a peça é cortada no dimensional programado.

A indicação 4 refere-se as tiras de E.V.A utilizadas para o acabamento da caixa, com o intuito de proteger e acoplar melhor o vidro a ser transportado.

Temos também na embalagem o ponto de içamento, indicação de número 5, uma das partes mais vitais da caixa, confeccionado por barras em “T”, cortadas no dimensional desejado e soldadas nas laterais da caixa, utilizando-se a solda ponto e solda Mig para a junção, tornando mais segura a fixação devido à sua grande importância.

E por fim temos a indicação de número 6 que se refere aos pés da caixa, onde é utilizada uma placa de compensado, colado a uma chapa de aço dobrada (mesma utilizada na cabeça da caixa).

4.2 PROCESSO DE EMBALAMENTO E IÇAMENTO

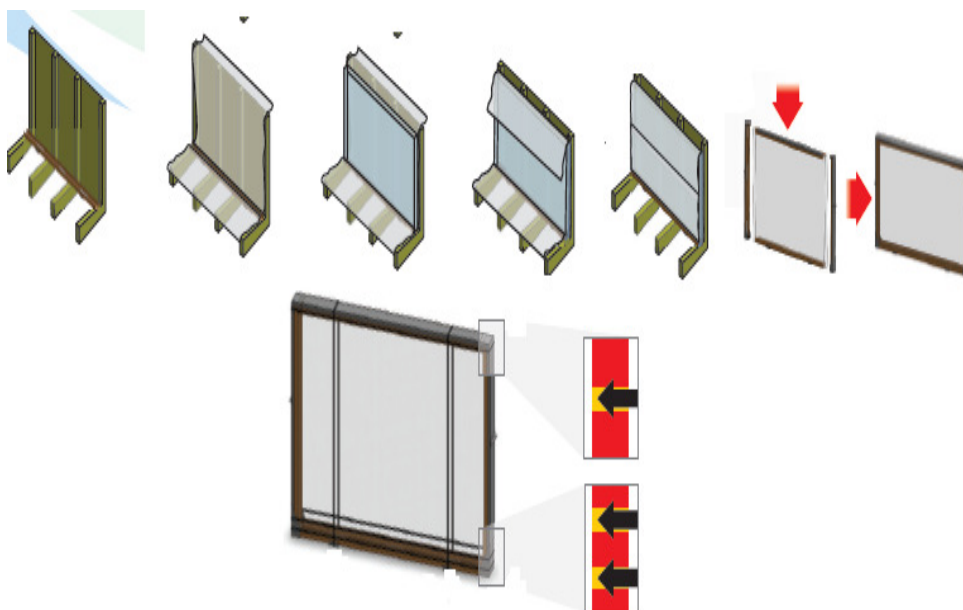
O processo de embalagem do vidro plano nas caixas SteelCap® é bem simples, mas necessita de algumas atenções importantes, por se tratar do acondicionamento de um produto frágil e que oferece alguns riscos caso haja o manuseio incorreto.

4.2.1 Embalamento em berço vertical

O primeiro passo é inserir a base da embalagem no berço vertical, o qual deve estar com angulação de 4°. Posteriormente é inserido um forro plástico para a proteção do vidro. Após inserir o forro, coloca-se o bloco de vidro plano sobre o berço e termina a cobertura do forro plástico sobre o material.

Com o material forrado, iremos inserir a tampa e a lateral da caixa, começando pela inserção da tampa. Por fim, cintar a embalagem, utilizando duas cintas verticais e centralizadas nos pés da base, uma cinta horizontal superior e duas cintas horizontal inferior. Podemos observar na Figura 4 esse passo a passo para o embalamento em berço vertical.

Figura 4 – Embalamento em berço vertical (passo a passo).

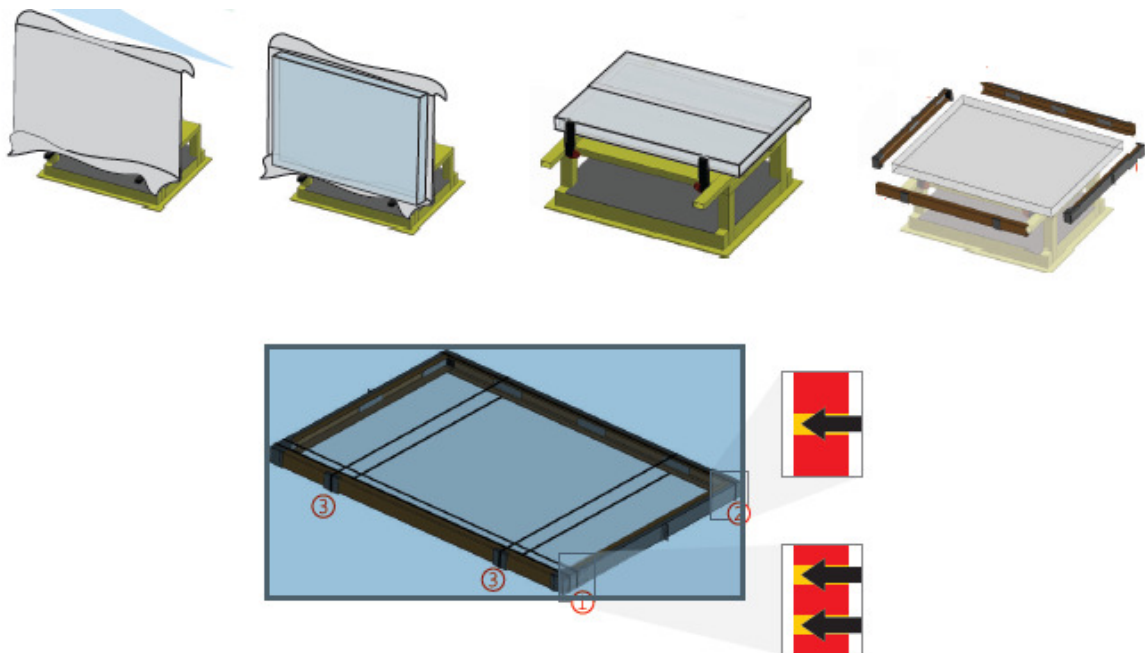


Fonte: ADEZAN (2019)

4.2.2 Embalamento em mesa tombadora de vidro

O processo se inicia forrando a mesa na vertical com plástico/alufoil, depois é inserido o bloco de vidro plano na mesa tombadora ainda em posição vertical, após isso a mesa é acionada para tombar, onde se termina de vedar o bloco com o plástico/alufoil. Com o bloco na horizontal e sobre a mesa, inserir as partes da SteelCap®, começando pela tampa e fundo e por fim o par de lateral. Após fechar a caixa cintar a embalagem com duas fitas na horizontal inferior, uma fita na horizontal superior e duas cintas na vertical centralizadas nos apoios da base. Finalizando todos os processos, retornar a mesa para a vertical. A Figura 5 ilustra o passo a passo do processo na mesa tombadora.

Figura 5 – Embalamento em mesa tombadora de vidro (passo a passo).

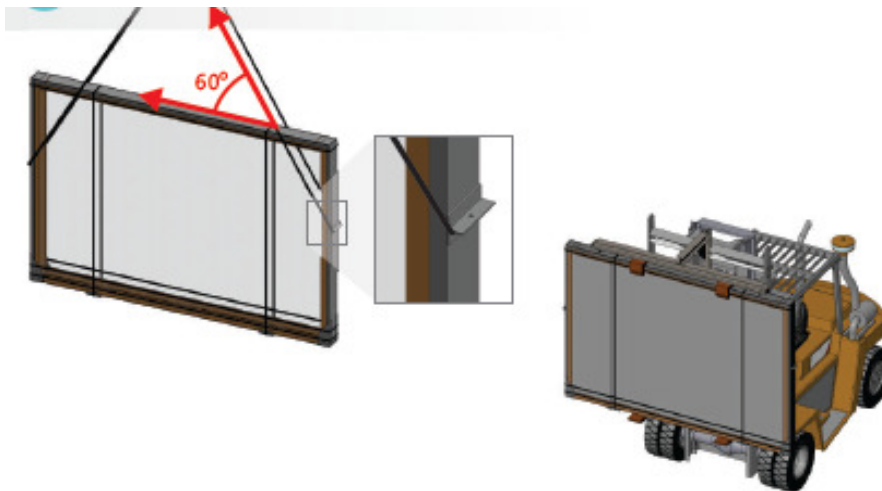


Fonte: ADEZAN (2019)

4.2.3 Içamento

Para a movimentação do bloco depois de embalado, fazer o içamento do pacote pela lateral da caixa, respeitando sempre o ângulo de içamento de 60°. A movimentação pode ser realizada também através de empilhadeira grab. A Figura 6 ilustra a forma correta do içamento.

Figura 6 – Içamento correto para movimentação.



Fonte: ADEZAN (2019)

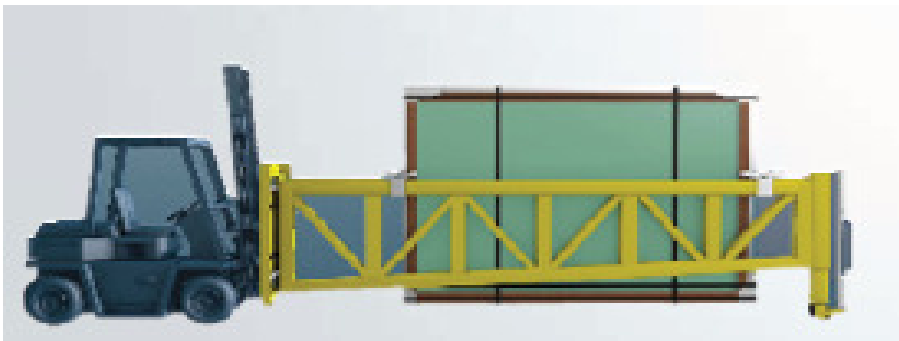
4.3 TIPOS DE CARREGAMENTO (TRANSPORTE)

Após a fabricação da embalagem, distribuição para os clientes e embalagem do produto na caixa, precisamos dar continuidade no processo, aonde o vidro plano irá para a empresa no qual será trabalhado. Com isso surgem alguns métodos para o carregamento das caixas de SteelCap®, variando de acordo com a necessidade, maquinário e localização do cliente final. Nesse capítulo iremos abordar um pouco sobre os tipos de carregamentos, podendo ser via marítimo ou via rodoviário.

4.3.1 Via marítimo (container)

No processo de carregamento via marítimo, através de container, são utilizados dois métodos diferentes que variam de acordo com o maquinário do cliente, o primeiro método e mais convencional é utilizando a ponte rolante e cabos de aço para o içamento, respeitando o ângulo de 60° , conforme mostra a figura 6 mostrada na página anterior. Porém o cabo de aço só pode ser utilizado quando o container é do tipo Open Top, o qual tem um sistema de lonamento em sua extremidade, permitindo a abertura do teto do container, nos casos de container Dry ou High Cube (que não possuem abertura do teto) utiliza-se outro método, que é um dispositivo inserido na empilhadeira, nomeado de Pinocchio. A Figura 7 ilustra uma movimentação com o Pinocchio.

Figura 7 – Dispositivo Pinocchio.



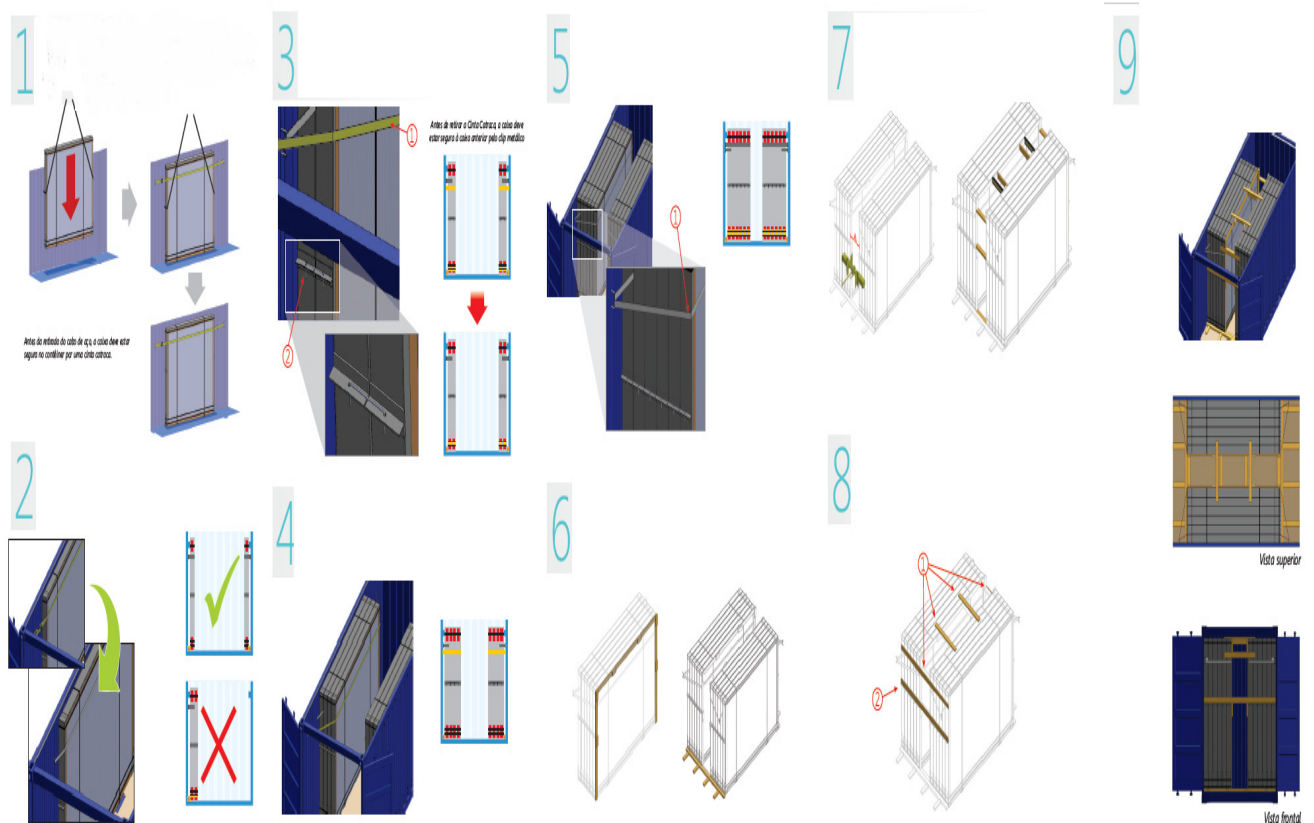
Fonte: ADEZAN (2019)

O processo de estufagem do container é parecido nos dois casos, mudando apenas o método de entrada no container. Iremos usar como exemplo a estufagem do container utilizando ponte rolante e cabo de aço.

O primeiro passo é içar a caixa para dentro do container, observando se há necessidade de posicionar um calço na base; mantê-la segura por uma cinta catraca e remover o cabo de aço (1). Depois disso, passar CordStrap na primeira caixa e remover a cinta catraca. Repetir o processo do outro lado para manter o equilíbrio da carga (2). Içar a próxima caixa para o interior do container; mantê-la adjacente à caixa anterior e segura ao container por uma cinta catraca; unir as caixas com clipe metálico e retirar a cinta catraca (3). Seguir depositando as

caixas uma a uma de cada lado do container, unindo-as com o clipe metálico para manter a estabilidade e segurança no momento de carga e descarga (4). Completar o carregamento com dois blocos de 6 caixas de cada lado do container; aplicar uma segunda fita de Cord Strap na parte superior do bloco, mantendo-o seguro (5). Aplicar traves de madeira em cada bloco e o kit anti-frenagem (6). Instalar um expansor entre os dois blocos ; medir as distância entre os blocos para o corte da madeira de contrachoque. Com auxílio do expansor instalar com pregos os contrachoque ao longo das traves (7). Aplicar os sarrafos horizontais com pregos. Para garantir que os cliques metálicos que unem as caixas não se desloquem, coloca-se um sarrafo sobrepondo-os (8). Com todas etapas finalizadas, a estufagem está concluída, conforme mostra a Figura 8.

Figura 8 – Estufagem container.



Fonte: ADEZAN (2019)

4.3.2 Via rodoviário (Az Rack ®)

Além da embalagem SteelCap ®, a empresa Adezan também criou um dispositivo para carregamento via rodoviário, o **Az Rack**, sendo um par de cavaletes metálicos e 4 cantoneiras também metálicas, fazendo o travamento dos blocos na carroceria do caminhão, com auxílio de CordStrap, grampos para o travamento do dispositivo no assoalho do veículo, cinta catraca e algumas madeiras para frenagem. A Figura 9 ilustra os pares de cavalete do Az Rack.

Figura 9 – Par de cavaletes AZ RACK®.



Fonte: ADEZAN (2019)

O carregamento via rodoviário começa com o ajuste do dispositivo em cima da carroceria do caminhão, fixando primeiro um lado com o auxílio dos grampos para fixação, após isso trazer a primeira caixa para ajustar a posição do segundo cavalete e realizar o travamento com grampo igual o primeiro. No momento em que a primeira caixa é ajustada no cavalete, passa-se uma cinta catraca, retira-se o cabo de aço e por fim passando a cinta PET, podendo retirar com segurança a fita catraca. Após inserir a primeira caixa, repetir o mesmo processo, porém alternando o lado da escora para equilibrar a carga no veículo.

Após finalizar o carregamento, lembrando de passar a cinta PET caixa a caixa para evitar o tombamento, com o bloco concluído aplicar três fitas Cord-Strap na horizontal e 2 fitas na vertical. Com o bloco bem consolidado, inicia-se o processo de lonamento, momento em que são inseridas as quatro cantoneiras

metálicas nas extremidades do bloco, onde aplicaremos as cintas catracas de cinco toneladas em forma de “X” para uma maior segurança na viagem da carga. Após todos esses processos, restará apenas fixar algumas madeiras no assoalho do veículo agindo como antifrenagem e a carga estará pronta para seguir viagem com segurança. A Figura 10 ilustra o passo a passo com algumas imagens reais.

Figura 10 – carregamento AZ RACK®.



Fonte: ADEZAN (2019)

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Será possível identificar ver nesse capítulo alguns estudos realizados para garantir mecanicamente que o material irá suportar as cargas aplicadas, devido ao peso das placas de vidro plano. Alguns estudos foram realizados, entre eles, o relatório de ensaio de tração para a embalagem SteelCap®, e o relatório de elementos finitos para o Az Rack®.

5.1 RELATÓRIO ENSAIO DE TRAÇÃO (STEEL CAP®)

Para termos a certeza que a embalagem suportaria todas as cargas aplicadas, foram realizados alguns ensaios de tração com corpo de prova, para analisar se realmente não teríamos problemas com ruptura e/ou deformações na caixa. O critério utilizado foi de que a embalagem teria que suportar uma carga mínima de 2000 kg, porém os testes foram feitos para cargas de até 8000kg, considerando uma vasta porcentagem de segurança. Na Tabela 5, podemos observar os testes realizados e os seus resultados. Com isso tivemos a certeza de que a embalagem suportaria tranquilamente todas as cargas aplicadas.

Tabela 5 – Resultados do teste de tração.

CICLO	CARGA APLICADA	RUPTURA	SITUAÇÃO
Primeiro	1.000kgf (9,81kN)	Não houve ruptura	Conforme
Segundo	2.000kgf (19,62kN)	Não houve ruptura	Conforme
Terceiro	3.000kgf (29,43kN)	Não houve ruptura	Conforme
Quarto	4.000kgf (39,24kN)	Não houve ruptura	Conforme
Quinto	5.000kgf (49,05kN)	Não houve ruptura	Conforme
Sexto	6.000kgf (58,86kN)	Não houve ruptura *	Conforme
Sétimo	7.000kgf (68,67kN)	Não houve ruptura *	Conforme
Oitavo	8.000kg (78,48kN)	Não houve ruptura *	Conforme

Informações Complementares

* Apresentado leve deformação na base sem comprometimento da estrutura da embalagem.

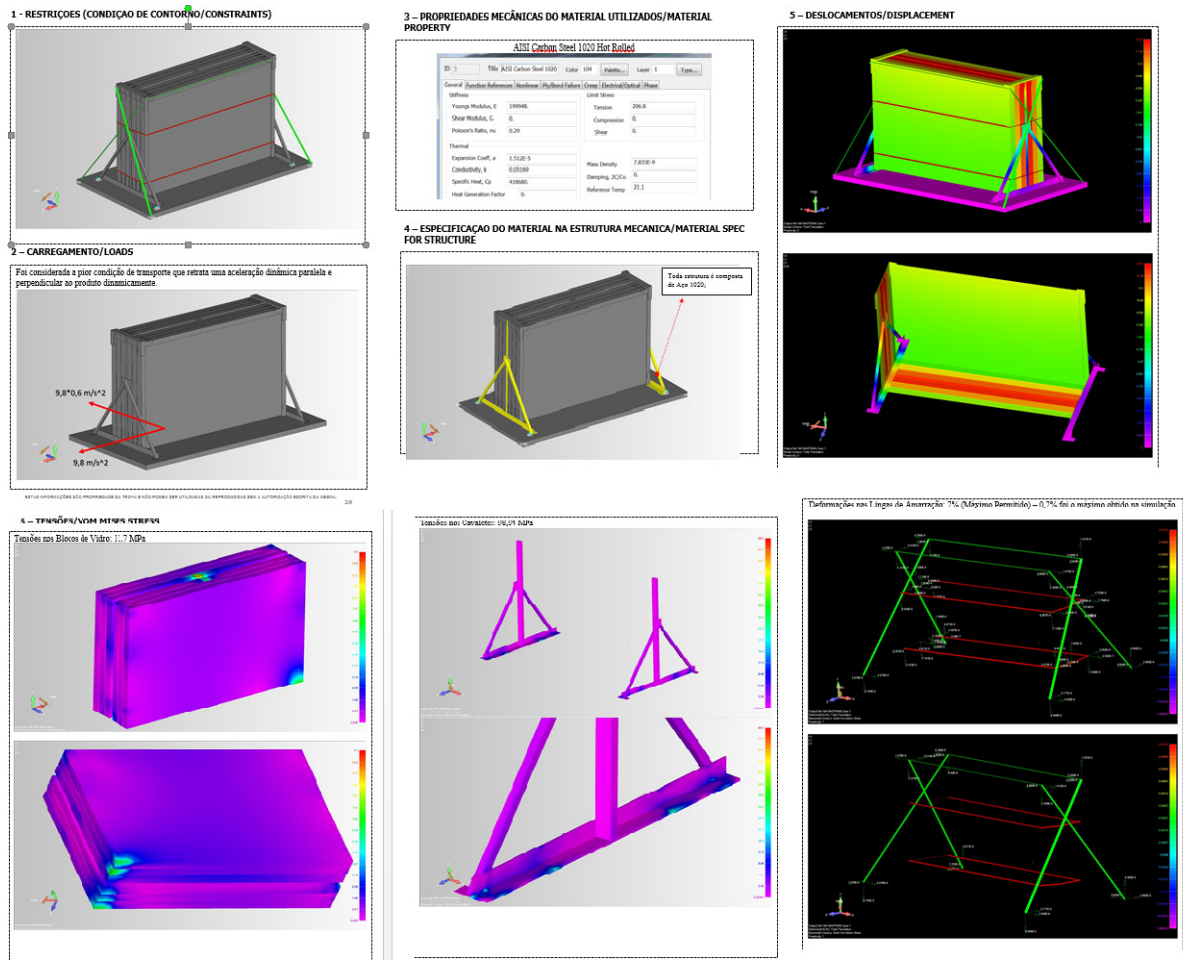
Fonte: ADEZAN (2015)

5.2 RELATÓRIO DE ENSAIO POR ELEMENTOS FINITOS (AZ RACK®)

Outro teste realizado foi o ensaio por meio de elementos finitos, onde a pior situação considerada para este cálculo foi a combinação das acelerações paralelas e perpendiculares ao produto em transporte onde no sentido no transporte foi considerado 9,8 m/s², e no sentido perpendicular ao produto foi considerado 0,6 de 9,8 m/s², a carga de simulação foi 12000 Kg.

O estudo realizado foi pelo Método de Energia por Deformação de Von Mises. Além disso, obteve-se um FOS (Factor Of Safety) – Fator de Segurança próximo de 2,11 para cavalete. Portanto, a estrutura se encontra em sua zona elástica com um deslocamento de 12,78 mm estando em uma margem de segurança aceitável nessas condições de contorno. Outras observações relevantes, é que as lingas de amarração obtiveram uma resposta satisfatória onde sua maior deformação foi próxima de 1% onde o máximo permitido é de 7%. O produto transportado não sofreu danos de tensão ficando com 11 MPa onde o máximo é de 33 MPa para o vidro. Entretanto, visto pelos esforços atuantes no cavalete recomenda-se que o mesmo seja preso na viga transversal do caminhão por grampos, logo nas extremidades do pacote de vidro. Assim garantindo e diminuindo o deslocamento de 12,78mm na parte central do cavalete. Segue a Figura 11 com algumas imagens do teste realizado através do software FEMAP para estudo de elementos finitos.

Figura 11 – Resultados do teste de elementos finitos.



Fonte: ADEZAN (2016)

6. CONCLUSÃO

Com a utilização da embalagem Steel Cap, a satisfação dos clientes cresceram de maneira exponencial. A aplicação desta invenção mostrou altos resultados quanto a segurança do vidro transportado. Os índices dos testes comprovam que a embalagem suporta o transporte em longas distâncias, o que amplia a abertura de clientes e rotas internacionais.

Os ensaios e estudos realizados por meio dos elementos finitos, comprovam que os materiais utilizados suportam as cargas que são exercidas no momento do transporte. Assim como no içamento da carga para que a mesma possa ser posicionada no veículo para o transporte. Além disso, elementos como a fita pet e a lona são inseridas para uma maior segurança. Isso faz com que os clientes confiem e gera fidelização, pois o equipamento é dimensionado de forma a envolver o produto de maneira simples, mas de maneira eficaz e sustentável.

A implementação da nova embalagem foi altamente aceita no mercado, devido seus resultados significativos. O acompanhamento de uma equipe especializada no ato do carregamento garante que o processo seja feito com total qualidade. O treinamento desta equipe também é muito importante para assegurar que o processo seja feito de maneira adequada para suportar longas viagens e o total travamento.

Concluimos que a implementação da embalagem Steel Cap é um grande avanço para o setor vidreiro, sua estrutura e características peculiares a tornam uma grande diferencial para o produto transportado. Esta embalagem tem um grande rendimento quanto a segurança, o que fideliza clientes, pois o índice de refugo e perda são baixíssimas.

O alto investimento em pesquisa a tornou um marco para ADEZAN, pois além do crescimento financeiro, houve um alto crescimento tecnológico para a empresa. Atualmente, vem-se investindo cada vez mais nesta embalagem, pois ela é totalmente reciclável, ou seja, pode ser reutilizada para embalagens novas. Em um cenário em que a sustentabilidade é totalmente necessária, a Steel Cap se encaixa perfeitamente.

Com isso, concluímos que todo o sistema da Steel Cap tem alta confiabilidade, desde o processo de embalagem, içamento e travamento até a chegada ao cliente final. Com isso, observamos que foram geradas melhorias quanto a todo o processo, substituindo a embalagem antiga (ainda utilizada para casos excêntricos) e com alto índice de aprovação.

REFERÊNCIAS

ALVES, Oswaldo Luiz. **VIDROS. CADERNOS TEMÁTICOS – QUÍMICA NOVA NA ESCOLA.** Campinas. v.1, 2001.

AZEVEDO, Álvaro F. Machado. **Método dos Elementos Finitos.** 1 ed. Porto, 2003.

BANZATO, José Mauricio. **MANUAL LOGÍSTICA VOLUME 3 EMBALAGEM UNITIZAÇÃO E CONTEINERIZAÇÃO.** 1 ed. São Paulo: Imam, 1997.

CHIAVERINI, Vicente. **Aços e ferros fundidos : características [sic] gerais, tratamentos térmicos, principais tipos.** 7 ed. São Paulo: Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 1996.

FEITOSA, Bruno de Barro. et al. **Água na Indústria (Vidro).** 2017. PHA - Engenharia e Meio Ambiente - Relatório 01. São Paulo, 2017.

GRÜNING, Klaus. **Técnica da Conformação.** 1 ed. Polígono, São Paulo, 1973.

JUNIOR, Edivaldo José da Silva. **Resolução de uma viga biengastada uniaxial utilizando o método de elementos finitos.** 2003. Trabalho de conclusão de curso, Universidade Federal da Integração Latino Americana, Paraná, 2003.

PFEIL, Walter. **Estruturas de aço: dimensionamento prático I.** 8.ed. Rio de Janeiro, 2009.

RODRIGUES, J.; MARTINS, P. **Tecnologia Mecânica – Tecnologia da Deformação Plástica - Vol II.** Aplicações Industriais. Lisboa: Escolar Editora, 2005.

SIDERURGIA. CSN. Disponível em:

<http://www.csn.com.br/conteudo_pti.asp?idioma=0&conta=45&tipo=60937> Acesso em 10/10/2019.