

VICTOR HUGO MIRANDA DE MATOS

**Viabilidade de substituição da madeira natural e compensada pela madeira
plástica para uso temporário em obra situada no município de Osasco/SP**

Guaratinguetá - SP
2017

Victor Hugo Miranda de Matos

Viabilidade de substituição da madeira natural e compensada pela madeira plástica para uso temporário em obra situada no município de Osasco/SP

Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia Civil da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Civil.

Orientador : Prof. Dr. Daniel C. V. R. Silva

Coorientador (a): Prof. Dra. Márcia R. de Freitas

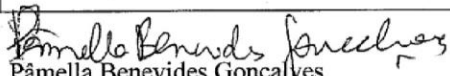
Guaratinguetá - SP
2017

M433v Matos, Victor Hugo Miranda de
Viabilidade de substituição da madeira natural e compensada pela
madeira plástica para uso temporário em obra situada no município de
Osasco/SP. / Victor Hugo Miranda de Matos. – Guaratinguetá, 2017.
50 f. : il.
Bibliografia: f. 49 – 50

Trabalho de Graduação em Engenharia Civil – Universidade Estadual
Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2017.
Orientador: Prof. Dr. Daniel C. V. R. Silva
Coorientadora: Prof^ª. Dr^ª. Márcia R. de Freitas

1. Industria de construção civil - Aspectos ambientais. 2. Madeira
engenheirada. 3. Sustentabilidade. I. Título

CDU 69


Pâmella Benevides Gonçalves
Bibliotecária CRB/8:9203


Victor Hugo Miranda de Matos

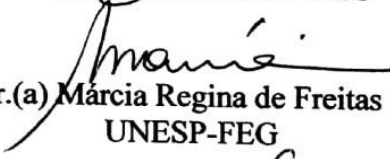
ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO
PARTE DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE
“GRADUADO EM ENGENHARIA CIVIL”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO DE
GRADUAÇÃO EM NOME DO CURSO



Prof. Dr. Enos Arneiro Nogueira da Silva
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Msc. Daniel C. V. R. Silva
Orientador/UNESP-FEG


Prof.(a) Dr.(a) Márcia Regina de Freitas
UNESP-FEG


Prof. Dr. João Ubiratan de Lima e Silva
UNESP-FEG


Prof. Msc. Thiago Bazzan
UNESP-FEG

Dezembro de 2017

dedico este trabalho
de modo especial, à minha família

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos,

ao meu orientador, *Prof. Msc. Daniel C. V. R. Silva* que dedicou seu tempo e compartilhou seu conhecimento comigo. Sem a sua orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

aos meus pais *Neusa e Dario*, que apesar das dificuldades enfrentadas, sempre incentivaram meus estudos e me deram todo o suporte necessário para me formar.

às funcionárias da Biblioteca do Campus de Guaratinguetá pela dedicação, presteza e principalmente pela vontade de ajudar,

aos funcionários da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá pela dedicação e alegria no atendimento.

“ A força não provém da capacidade física e sim de uma vontade indomável. ”

Gandhi

RESUMO

A sustentabilidade nos dias de hoje se mostra muito significante, sobretudo no ponto de vista da construção civil. Buscando cada vez mais o desenvolvimento sustentável, a construção civil tenta se adequar às exigências sociais e leis ambientais, procurando novas tecnologias que garantem uma modernização da construção aliada à preservação do meio ambiente. Com isso, buscar novos materiais no mercado que possam substituir os tradicionais, mantendo ou superando suas qualidades, se mostra como uma saída para alcançar este objetivo. Através de uma pesquisa bibliográfica e estudo de caso de uma obra, este trabalho apresenta as vantagens e desvantagens de substituição da madeira natural pela madeira plástica. Com a análise tanto de viabilidade econômica, quanto sustentável, a madeira plástica se mostrou inviável do ponto de vista financeiro, já que seu valor de mercado no Brasil ainda é elevado devido aos custos de fabricação. Porém, apresentou vantagens muito relevantes quando se leva em consideração o meio ambiente, pois, além de ser um produto que provém de material reciclado, no caso o plástico, substitui de maneira equivalente a madeira natural, evitando o desmatamento contínuo de florestas.

PALAVRAS-CHAVE: Madeira plástica. Resíduos de construção e demolição (RCD). Sustentabilidade. Reciclagem.

ABSTRACT

Sustainability today is very significant especially in terms of civil construction. Seeking increasingly sustainable development, civil construction tries to adapt to social demands and environmental laws by looking for new technologies that guarantee a modernization of construction allied to the preservation of the environment. With this, to look for new materials in the market that can replace the traditional ones, maintaining or surpassing its qualities, shows itself as an exit to reach this objective. Through a bibliographical research and case study of a work, this paper presents the advantages and disadvantages of replacing natural wood with plastic wood. With the analysis of both economic and sustainable feasibility, plastic wood has proved to be unfeasible from a financial point of view, since its market value in Brazil is still very high due to manufacturing costs, but presented very relevant advantages when considering the environment, since, besides being a product that comes from recycled material, in the case of plastic, it replaces in an equivalent way natural wood, avoiding the continuous deforestation of forests.

KEYWORDS: Plastic wood. Construction and demolition waste. Sustainability. Recycling.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	OBJETIVOS	12
2.1	OBJETIVO GERAL	12
2.2	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	12
3	JUSTIFICATIVA	13
4	METODOLOGIA	14
5	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
5.1	A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL	17
5.2	A RECICLAGEM DO PLÁSTICO	25
5.2.1	Reciclagem de Polímeros	27
6	A MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL	29
7	RECICLAGEM DA MADEIRA	31
8	A MADEIRA PLÁSTICA	33
8.1	PANORAMA NACIONAL	33
8.2	PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DA MADEIRA PLÁSTICA	34
8.3	VANTAGENS	35
8.4	DESvantagens	36
9	RESULTADOS	37
9.1	O USO DA MADEIRA NA OBRA EM ESTUDO	37
9.2	O DESCARTE DA MADEIRA DE OBRA	42
9.3	COTAÇÃO	44
10	DISCUSSÃO E CONCLUSÕES	46
	REFERÊNCIAS	49

1 INTRODUÇÃO

Um dos temas mais comentados no mundo atualmente é a sustentabilidade. Tal assunto é relevante visto que no ano de 2015, 79,9 milhões de toneladas de RSU (resíduos sólidos urbanos) foram geradas no Brasil. Estes números significaram 218.874 toneladas de RSU por dia naquele ano, ou, em média, 1,071 kg por habitante por dia (ABRELPE, 2015). Dando enfoque ao tema a ser abordado, estima-se que os resíduos de construção e demolição (RCD) representam 40 a 60% do resíduo sólido urbano.

Visando não só reduzir a geração de resíduos sólidos urbano (RSU) e resíduos de construção e demolição (RCD), mas também aumentar os índices de reciclagem no Brasil, algumas empresas dedicaram-se nos últimos anos ao beneficiamento destes resíduos, gerando, assim, produtos que podem substituir os comumente usados, como é o caso da madeira plástica. Esta que pode ser utilizada na construção civil como um material auxiliar para moldagem de peças de concreto armado, como um material arquitetônico (*decks*, bancos, mesas, entre outros) o que é muito vantajoso por não necessitar de manutenções consequentes do desgaste por intemperes, e até mesmo como um material estrutural (madeiramento de cobertura, pilares e vigas) (SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2005).

A madeira plástica aparece como uma solução para minimizar os impactos ambientais resultantes da disposição ilegal dos resíduos - principalmente do plástico - apresentando inúmeras aplicações, dentre elas na substituição da madeira natural e madeira compensada usado como fôrmas do concreto armado em construção civil, que será o tema abordado neste trabalho.

Diminuindo não só a disposição do plástico no meio ambiente, mas também o desmatamento de florestas nativas, a substituição da madeira natural ou compensada pela madeira plástica já se mostra viável quando feita uma análise baseada na sustentabilidade. Por exemplo, em 2001 no Estado de São Paulo foram consumidos pela construção civil 594.400 m³ de madeira serrada amazônica (SOBRAL et al., 2002) somente para a idealização de andaimes e fôrmas para concreto. Tais números representaram 33% de todo o consumo daquele ano. Visto isso, é inegável que o uso da madeira plástica seja uma saída sustentável ideal para a construção civil nacional.

O empreendimento usado como base para a idealização deste trabalho de graduação tem como nome Domus Conviva e está localizado no município de Osasco, Estado de São Paulo. Nesta obra o uso da madeira natural é constante, sendo por sua maioria utilizada para a

confecção de fôrmas para concretagem de estruturas de concreto armado, como: vigas, pilares, lajes, cortinas, blocos de fundação, etc. Sendo assim, os volumes de resíduos de madeira gerados são muito elevados, e, por mais que dispostos no meio ambiente de forma correta, levam a danos significativos (e.g. desmatamento e poluição).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar e apresentar a viabilidade econômica e sustentável de substituição da madeira natural pela madeira plástica em uma situação real de construção civil.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analisar a geração de resíduos sólidos urbanos (RSU) e resíduos de construção e demolição (RCD) no Brasil e em uma obra real, bem como a contribuição da madeira nestes montantes;
- Analisar a minimização do impacto ambiental tanto pela redução do uso da madeira natural em obra, quanto pela reciclagem do plástico usado para fabricação da madeira plástica;
- Analisar o cenário da disseminação do uso da madeira plástica no Brasil;
- Comparar os dados obtidos das planilhas de gastos entre a madeira natural e a madeira plástica.

3 JUSTIFICATIVA

Justifica-se o atual trabalho pela demonstração da importância da sustentabilidade quando o assunto em discussão é a geração de resíduos (e.g. madeira para construção). A madeira traz muitos malefícios consigo, tendo como princípio o desmatamento que se faz necessário para sua manufatura e sendo finalizado pelo seu descarte, onde pequena parte é destinada a reciclagem e sua grande maioria (volumes elevados) é descartada. Sendo um fator limitante para a reciclagem da madeira utilizada em obra o fato desta estar, em sua maioria, contaminada por outros materiais, como: pregos, argamassa, líquidos desmoldantes, etc (WIECHETECK, 2009).

4 METODOLOGIA

Para análise da quantificação de descarte de madeira em uma obra, foi tomado como base o empreendimento Domus Conviva (Figura 1), localizado no endereço: Estrada das Rosas, 2140, 06150-350 – Santa Maria, Osasco – SP (Figura 2). Esta obra é administrada pela Sindona Incorporadora, cuja sede se encontra no seguinte endereço: Av. Queiroz Filho, 1560, 05319-000 – Vila Hamburguesa, São Paulo – SP. Os dados referentes ao consumo e descarte de madeira foram fornecidos pela própria incorporadora.

Figura 1: Maquete eletrônica ilustrativa do empreendimento Domus Conviva

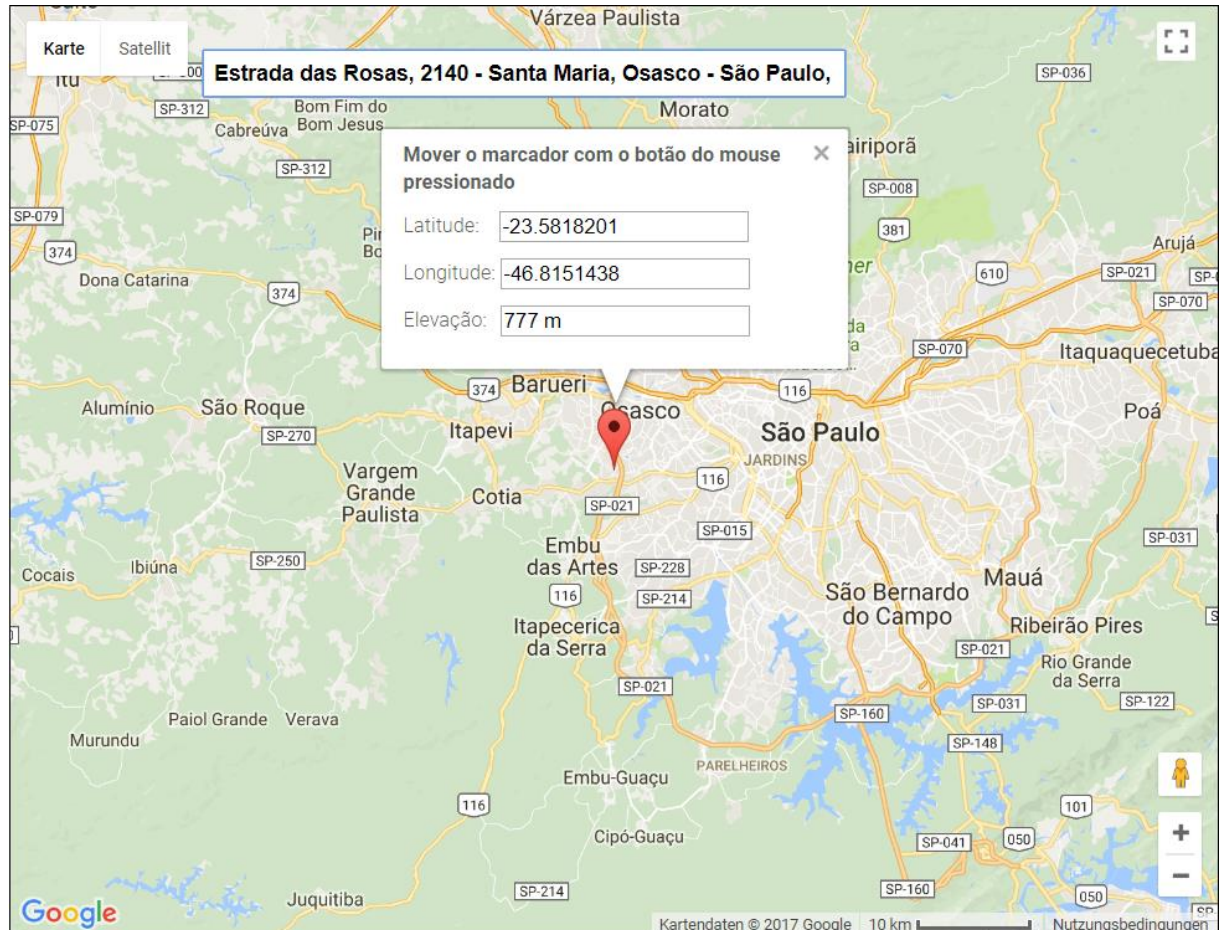


Fonte: Site Oficial Sindona Incorporadora (2017).

É um edifício residencial multifamiliar separados em duas torres idênticas contendo, cada uma, 3 pavimentos subsolos (estacionamentos), 1 pavimento térreo (lazer social), 15 pavimentos tipo, com 6 apartamentos cada, e uma cobertura com 3 apartamentos, totalizando 186 unidades de apartamentos. Tem como área de terreno 2.636 m² e uma área construída de 17.718,88 m².

As obras tiveram início no mês de março de 2016 e tem previsão de término em abril de 2018.

Figura 2: Coordenadas Geográficas do local do empreendimento em estudo.



Fonte: Google (2017).

Para a análise geral do descarte de resíduos sólidos urbano e de construção e demolição, foi feita uma pesquisa bibliográfica, buscando artigos científicos publicados em revistas, de monografias relacionadas ao tema e publicações com dados de fontes renomadas. Esta pesquisa foi realizada através de plataformas como: Periódico Capes, *Web of Science*, acervos acadêmicos de universidades brasileiras e artigos encontrados por simples pesquisas em *sites* de buscas da *internet* (google acadêmico). As palavras-chaves utilizadas foram: geração de resíduos, resíduos sólidos urbanos, resíduos de construção e demolição, descartes de construção civil.

A discussão e obtenção de dados sobre o impacto ambiental, assim como a geração de resíduos, também foi realizada através de revisão da literatura, segundo a metodologia descrita no parágrafo anterior, baseando-se nas seguintes palavras-chaves: impacto ambiental,

reciclagem, reciclagem de materiais de construção, materiais de construção recicláveis, reciclagem madeira e reciclagem do plástico.

Para o estudo sobre a disseminação da madeira plástica no Brasil, foi tomado como ponto de partida a pesquisa exploratória sobre o tema que mostra a aplicação da madeira plástica na construção civil, suas vantagens e desvantagens com relação a madeira natural, algumas características do material e seu valor de mercado atual. Sendo este valor obtido por uma pesquisa quantitativa com fornecedores do produto (Rewood, Engeplas, Stardeck, Plastmad e WBP), ou seja, através de consultas diretas com representantes das empresas, foi solicitado os valores de cada produto.

Na última fase do projeto foi desenvolvido um mapa de cotação onde são mostrados todos os produtos do tipo madeira natural e compensada utilizados na obra em questão, Domus Conviva, e produtos equivalentes do tipo madeira plástica. Todos estes produtos são acompanhados de seus valores de mercado e apresentados por meio de tabelas, sendo primeiramente apresentado os valores desembolsados pela Sindona Incorporadora para compra de madeira natural, e, posteriormente os preços de custo da madeira plástica.

Este mapa de cotação é analisado de maneira convencional, ou seja, comparação item por item, valor por valor. Ao final, é mostrado qual fornecedor possui melhor proposta financeira para este caso específico de obra.

5 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

5.1 A GERAÇÃO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL

A geração de resíduos sólidos urbanos vem se tornando um problema cada vez mais constante na sociedade, não só a brasileira, como também a mundial. Destacando-se os países já desenvolvidos, pois o poder aquisitivo médio de sua população é maior, levando esta a ter um poder de compra superior quando comparado a países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento.

O fato de comprar um bem, durável ou não, já implica no fato de gerar resíduos, uma vez que este, um dia ou outro, será descartado. E quando o assunto é construção civil, a geração de resíduos está implícita no produto, pois para construir uma edificação é necessário passar por vários processos, e estes necessitam de muitas ferramentas e materiais para serem executados. Um desses materiais é a madeira.

Com relação a sua classificação, os resíduos sólidos são classificados de duas maneiras: conforme sua origem e também pelo seu grau de biodegradabilidade (FUNASA, 2004), segundo os Quadros 1 e 2, respectivamente.

Quadro 1: Os Resíduos Sólidos quanto sua Origem.

ORIGEM	CARACTERÍSTICAS
Urbana	Domiciliar, comercial, portos, aeroportos, terminais rodoviários e terminais ferroviários. Limpeza urbana: varrição de logradouros, praias, feiras, eventos, capinação, poda, etc.
Industrial	Lodo produzido no tratamento de efluentes líquidos industriais, bem como resíduos resultantes dos processos de transformação.
Serviço de Saúde	Resíduos gerados em hospitais, clínicas médicas, odontológicas e veterinárias, postos de saúde e farmácias.
Radioativa	Resíduos de origem atômica. Esse tipo tem ligação própria e é controlado pelo Conselho Nacional de Energia Nuclear (CNEN).
Agrícola	Resíduos da fabricação de defensivos agrícolas e suas embalagens.
Construção Civil	Resíduos de Construção Civil, tais como: vidros, tijolos, pedras, tintas, solventes, madeira e outros.

Fonte: FUNASA (2004).

Quadro 2: Os Resíduos Sólidos conforme grau de biodegradabilidade.

SUBSTÂNCIAS	CARACTERÍSTICAS
Facilmente degradáveis (FD)	Restos de comidas, sobras de cozinha, folhas, capim, casacas de frutas, animais mortos e excrementos.
Moderadamente degradáveis	Papel, papelão e outros produtos celulósicos.
Difícilmente degradáveis	Trapo, couro, pano, madeira, borracha, cabelo, pena de galinha, osso, plástico.
Não degradáveis	Metal não ferroso, vidro, pedras, cinzas, terras, areia, cerâmica.

Fonte: FUNASA (2004).

Quando analisada a classificação dos resíduos sólidos, principalmente conforme o grau de biodegradabilidade, surge o questionamento quanto à gestão destes resíduos. Pensando em sustentabilidade, essa gestão deve garantir a redução da geração de resíduos, por meio de programas, governamentais ou não, que visam a reutilização e a reciclagem destes materiais, principalmente os classificados como “não degradáveis”.

Segundo JOHN (2000) existe uma hierarquia de objetivos na gestão de resíduos, seguindo a seguinte lógica:

- Reduzir a geração do resíduo na fonte;
- Reutilizar o resíduo;
- Reciclar;
- Incinerar recuperando energia;
- Depositar em aterros sanitários.

Esta hierarquia pode ser questionável já que a melhor alternativa é aquela que garante o menor impacto ambiental (JOHN, 2000). Ainda é possível existir casos em que a redução do volume de resíduos acarrete em benefícios inferiores ao impacto ambiental gerado pela disposição destes, ou seja, se este volume for reduzido, é mais benéfico dispor o resíduo no meio ambiente do que reciclar, por exemplo. Segundo ALLEN e ROSSELOT (1994), alguns processos de reciclagem admitem um volume de resíduo mínimo na região que abrange sua coleta de modo a garantir sua viabilidade de reciclagem. Sendo assim, pode ser necessário um aumento da produção do resíduo de maneira a tornar viável economicamente sua reciclagem, evitando sua deposição em aterro sanitário (JOHN, 2000).

Assim, pode-se dizer que a hierarquia precise de uma interpretação mais adequada a cada situação, ou seja, interpretada como um conjunto de ações e escolhida a de melhor desempenho ambiental. A análise do ciclo de vida do resíduo seria, então, parte desta interpretação e tomada de decisão (JOHN, 2000).

Considerando a indústria da construção civil no Brasil, observa-se que o volume de RCD representa de 41 a 70% de todo o volume de resíduos sólidos urbanos (PINTO, 1999). Tal parcela é muito significativa e a gestão errada destes resíduos pode afetar as cidades nos aspectos sociais, econômicos e ambientais (BRASILEIRO & MATOS, 2015). Sendo assim, são necessárias ações de combate a tal problema, as quais no Brasil só começaram a ser discutidas a partir do ano de 2002, onde até então não existiam políticas públicas voltadas para a gestão dos resíduos gerados pela construção civil (BRASILEIRO & MATOS, 2015).

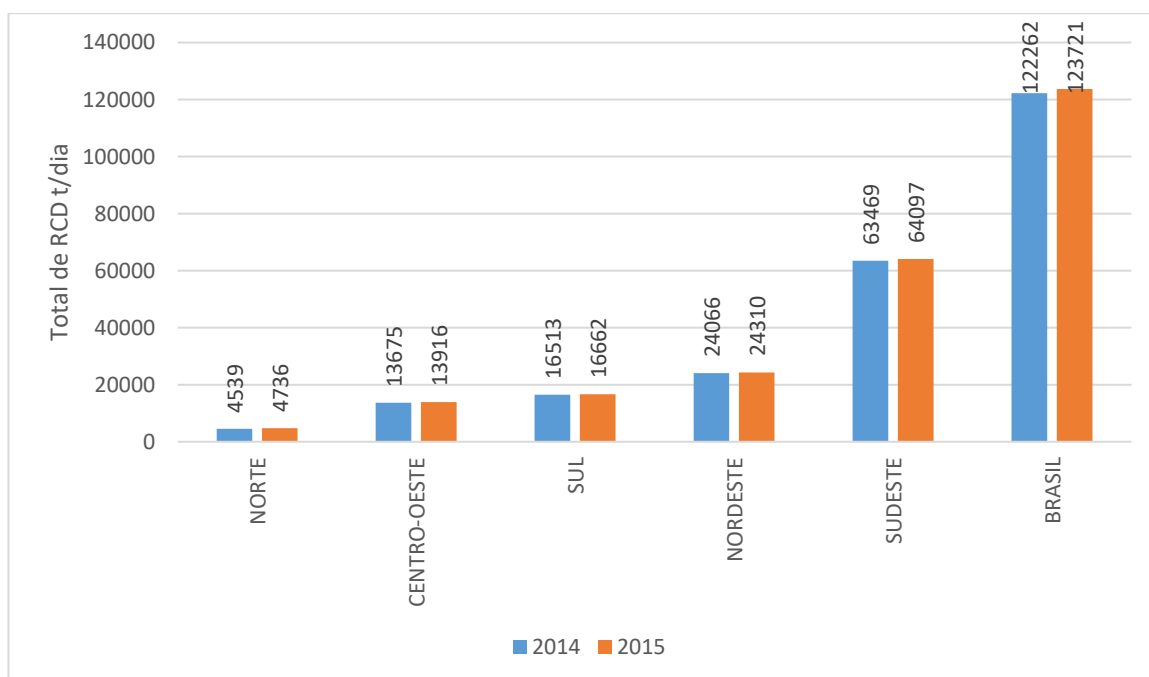
Em 2002 entrou em vigor a Resolução nº 307 do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA). Nela ficam estabelecidas diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão de resíduos provenientes da construção civil, que visam, justamente, proporcionar benefícios sociais, econômicos e ambientais (BRASILEIRO & MATOS, 2015). Visando melhorar as condições impostas pela Resolução nº 307 do CONAMA, foi aprovado no Brasil a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), através da Lei nº 12.305. Nela é definida a forma de disposição do todo o resíduo gerado no país, sempre incentivando a sustentabilidade e reciclagem. Sendo assim, toda a cadeia (fabricação, distribuição, venda e consumo) que envolve o produto, e que posteriormente se torna resíduo, é responsável por este. Além disso esta Lei determina o fechamento dos lixões, onde eram depositados resíduos de forma inadequada e sem tratamento algum (BRASILEIRO & MATOS, 2015).

Os resíduos gerados em canteiros de obras são geralmente compostos por materiais do tipo argamassa, alvenaria (concreto ou cerâmica), madeira, concreto, gesso, aço, etc., e estes acabam sendo dispostos em aterros sanitários, pelo fato de não existir muitas empresas responsáveis pela reciclagem ou que façam a disposição correta destes materiais, não atendendo assim toda a demanda necessária. Apesar disso, em 2011, houve um aumento de 7,2% com relação ao ano de 2010 na coleta de RCD, totalizando 33 milhões de toneladas em todo o Brasil, número representado somente pela parcela coletada por órgãos públicos, não sendo considerado a maior parcela que é coletada pelo setor privado (BRASILEIRO & MATOS, 2015).

Um grande problema atual no Brasil com relação ao RCD é a sua quantificação, já que uma importante fonte de geração destes é o mercado informal, pois podem representar uma parcela significativa dos RCD gerados (BRASILEIRO & MATOS, 2015). A ABRELPE (2015) mostra em seu relatório sobre o “Panorama de Resíduos Sólidos no Brasil”, dados sobre a coleta

executada pelo serviço público, de forma limitada, uma vez que a responsabilidade de coleta e destino do resíduo é de seu gerador. Portanto, coletas de dados por parte de serviços privados não foram computadas, e estes constituem a grande maioria do total de RCD gerado (BRASILEIRO & MATOS, 2015). No Gráfico 1 vê-se estes dados:

Gráfico 1: Total de RCD coletado no Brasil e por região



Fonte: ABRELPE (2015).

O Gráfico 1 mostra que todos os municípios do Brasil coletaram cerca de 45 milhões de toneladas de RCD no ano de 2015, o que representa um aumento de 1,2% em relação ao ano anterior. Vale lembrar que a coleta total é muito superior, uma vez que municípios coletam resíduos dispostos em logradouros públicos (ABRELPE, 2015).

Com relação ao RSU, a Tabela 1 mostra:

Tabela 1: Quantidade de RSU coletado por regiões e Brasil

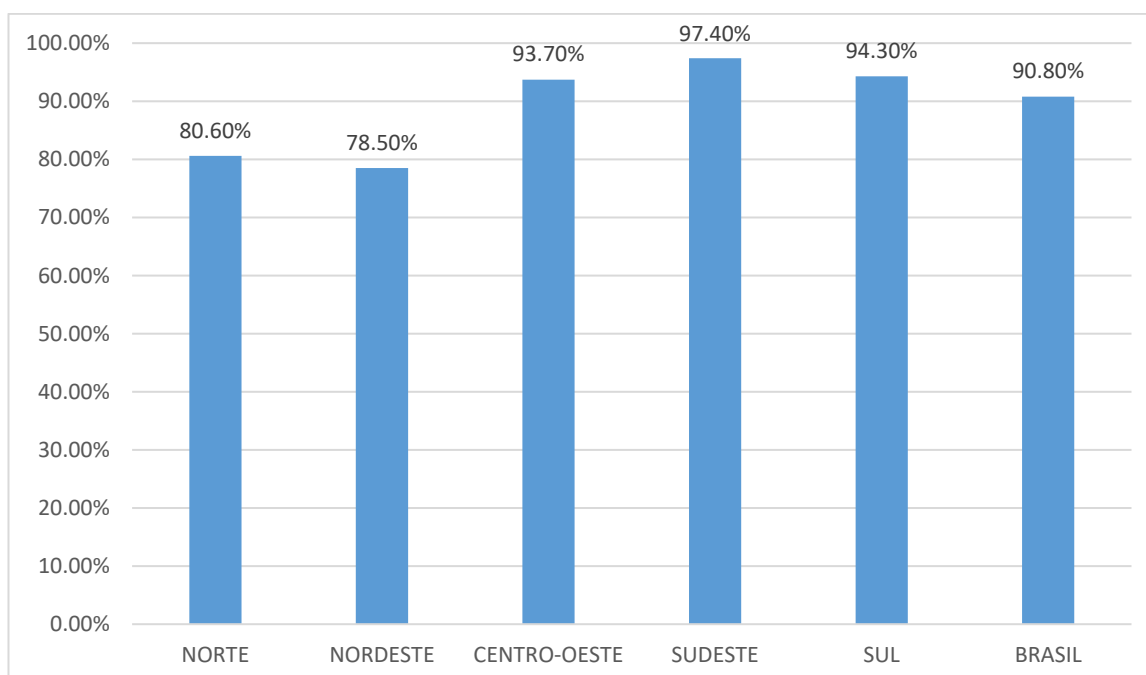
REGIÕES	2014 – RSU Total (t/dia)	2015 – RSU Total (t/dia)
Norte	12.458	12.692
Nordeste	43.330	43.894
Centro-Oeste	15.826	16.217
Sudeste	102.572	104.631
Sul	21.047	21.316
Brasil	195.233	198.750

Fonte: ABRELPE (2015).

Dos dados apresentados na Tabela 1, vê-se que no Brasil houve um aumento de 1,8% na coleta total de RSU, comparando 2015 com o ano anterior. Número que se destaca em 0,6% quando analisado junto ao aumento da coleta de RCD nos mesmos anos. Vale ainda destacar que, tomando como base o ano de 2015, o RCD representou 62,25% de todo o RSU coletado, basta analisar que o RSU coletado no ano de 2015 foi de 198.750 t/dia e o RCD 123.721 t/dia.

Apesar dos números elevados vistos na Tabela 1, a coleta de RSU em todas as regiões não atingem a totalidade da população, vide Gráfico 2:

Gráfico 2: Índice de Cobertura da Coleta de RSU (%)



Fonte: ABRELPE (2015).

Como se vê no Gráfico 2, o Brasil possui ainda uma escassez de quase 10% na coleta de RSU, representando quase 20 milhões de habitantes sem qualquer tipo de coleta de resíduos. Além disso, apesar de serem coletadas 198.750 toneladas por dia em 2015, ou seja, aproximadamente 72,5 milhões de toneladas durante o ano de resíduos sólidos urbanos no Brasil, somente 58,7% deste montante, 42.570.268 toneladas, foram dispostas de maneira adequada e destinadas a aterros sanitários. A outra parcela de quase 30 milhões de toneladas, ou 41,3%, foram depositadas em aterros controlados e lixões (ABRELPE, 2015), que por sua vez proibidos pela Lei nº 12.305 ainda continuam, clandestinamente, sendo utilizados. No ano de 2008, 20,30% do resíduo coletado em todo o Brasil foi destinado para os lixões (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

Visando diminuir a geração de resíduos, a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), citada anteriormente, mostra em sua publicação do ano de 2012, diretrizes e estratégias que buscam:

“(i) o atendimento aos prazos legais, (ii) o fortalecimento das políticas públicas conforme o previsto na Lei nº 12.305/2010, tais como a implementação da coleta seletiva e logística reversa, o incremento dos percentuais de destinação, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a inserção social dos catadores e materiais reutilizáveis e recicláveis, (iii) a melhoria da gestão e do gerenciamento dos resíduos sólidos como um todo, (iv) o fortalecimento do setor de resíduos sólidos per se e as interfaces com os demais setores da economia” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012).

No item “4.1.2 – Redução da Geração de Resíduos Sólidos Urbanos” desta publicação da PNRS, têm-se a seguinte proposta, explícita na “Diretriz 1”:

“Reduzir a atual geração per capita de resíduos sólidos urbanos, para o patamar de 2008 (equivalente a uma taxa média nacional de 1.1 kg/habitante/dia) buscando sua contínua redução, levando em consideração a média da geração *per capita* de cada região do país e as especificidades locais” (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012)

Nesta diretriz observa-se a preocupação da PNRS em garantir a sustentabilidade no país. Basta ver a ideia de reduzir a geração de resíduos *per capita* para uma taxa de 1.1

kg/habitante/dia, números que no ano de 2015 já foram inferiores ao desejado, 1.071 kg/habitante/dia (ABRELPE, 2015).

As estratégias posteriormente apresentadas no documento da PNRS aplicam-se aos resíduos sólidos gerados no processo industrial (fabricação) e também nas fases de comércio (venda), consumo (compra e utilização) e pós-consumo (disposição), atingindo, então, todas as fases do ciclo de vida do produto. Além disso, garante que ações voltadas à produção e consumo sustentáveis resultam na redução da geração de resíduos, atenuando então mudanças climáticas, preservando e conservando o a biodiversidade e recursos naturais (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012). Destaca-se a “Estratégia 7” onde diz:

“ Difundir a educação ambiental visando à segregação dos resíduos na fonte geradora para facilitar a coleta seletiva com a participação de associações e cooperativas de catadores e o estímulo à prevenção e redução da geração de resíduos, promovendo o consumo sustentável.”
(MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012)

Esta estratégia garante a segregação do material direto na fonte geradora de resíduos. Tal atitude garantiria melhor disposição do material e possibilitaria elevar o número de materiais reciclados, por já estarem devidamente separados. Quando levado este assunto para dentro da construção civil, é possível destacar que o índice de materiais para a construção recicláveis poderia aumentar, já que muitos dos resíduos de construção não podem ser reciclados por estarem contaminados por outros, como no caso da madeira, que comumente está contaminada por pregos, líquidos desmoldantes, argamassa, etc. (WIECHETECK, 2009).

Vale lembrar que o Brasil perde, por ano, cerca de R\$ 8 bilhões por não reciclar todos seus resíduos. Tal valor foi publicado pelo Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (IPEA), onde foi colocado os recursos econômicos diretamente ligados à produção do material e também os custos ativos ambientais desembolsados. O cálculo também considera a economia de água e eletricidade. Além disso, utilizar-se de materiais recicláveis garantiria maior espaço nos aterros, postergando a abertura de outros novos (GRILLO, 2016).

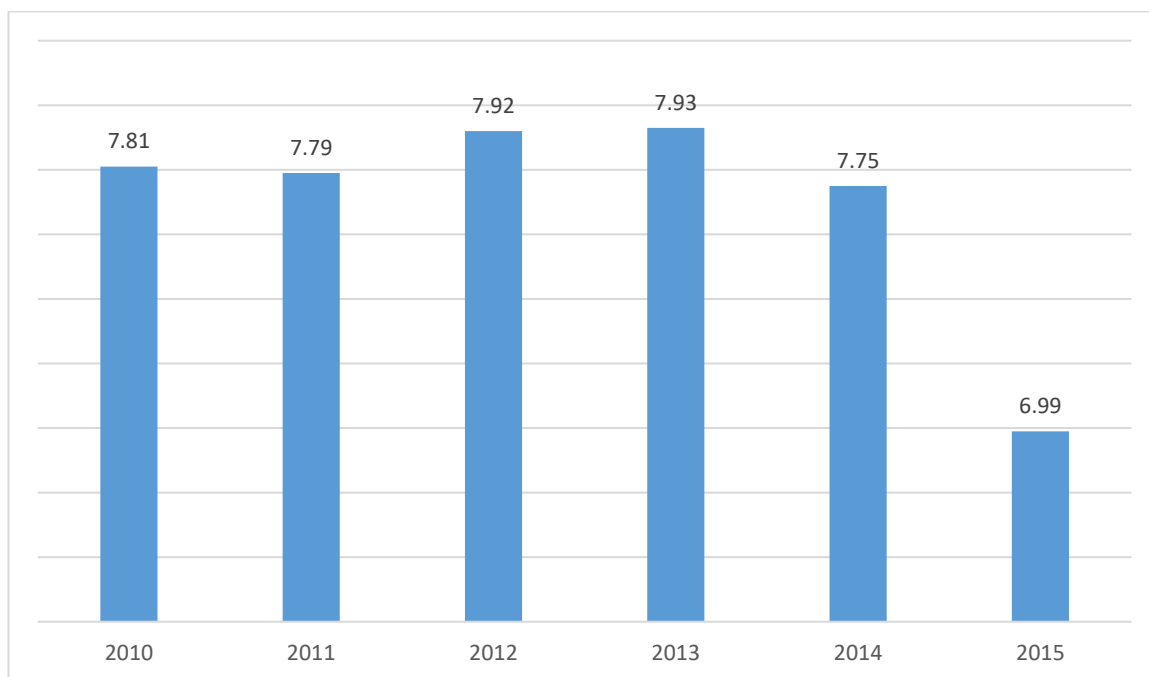
5.2 A RECICLAGEM DO PLÁSTICO

Segundo a Lei Federal nº 12.305/2010 (PNRS), a reciclagem aparece como uma das ações de maior prioridade do princípio da hierarquia na gestão de resíduos, sendo esta definida como “um processo de transformação dos resíduos envolvendo alterações de suas propriedades físicas, químicas ou biológicas, com vistas à transformação destes em insumos ou novos produtos” (ABRELPE, 2015).

A PNRS ainda estabelece a logística reversa como uma das ações de implementação da responsabilidade compartilhada com o ciclo de vida do produto, desde sua produção até se tornar resíduo, tornando viável a sua coleta e posterior reciclagem para reaproveitamento em outros ciclos produtivos, ou destinação final ambientalmente adequada (ABRELPE, 2015);

No ano de 2015, o consumo aparente de plásticos chegou a quantidade de 6,99 milhões de toneladas, número 9,8% menor que o apresentado no ano de 2014 (ABRELPE, 2015), como mostra o Gráfico 3:

Gráfico 3: Consumo Aparente de Transformados Plásticos (em milhões de toneladas)



Fonte: ABRELPE (2015).

A reciclagem de plásticos no Brasil provém da indústria de reciclagem mecânica dos plásticos, ou seja, os materiais plásticos considerados resíduos são convertidos em grânulos de

pequenas dimensões, sendo possível serem utilizados na produção de novos produtos de mesma natureza.

Existem inúmeros tipos de plásticos, sendo que cada um tem uma aplicação específica, como o polietileno de alta densidade (PEAD), utilizado em embalagens de produtos de limpeza, polietileno de baixa densidade (PEBD), aplicado em embalagens para alimentos, polipropileno (PP), usado em embalagens rígidas como caixa de bateria para automóveis, poliestireno expandido (EPS ou Isopor®) muito utilizado até na construção civil como preenchimento de lajes (Figura 3), entre outros como apresentado pela Associação Brasileira da Indústria do Plástico (ABIPLAST, 2015). Dentre os diversos tipos encontrados, tem-se o PET, cujo seus índices de reciclagem são mostrados a seguir no Gráfico 4.

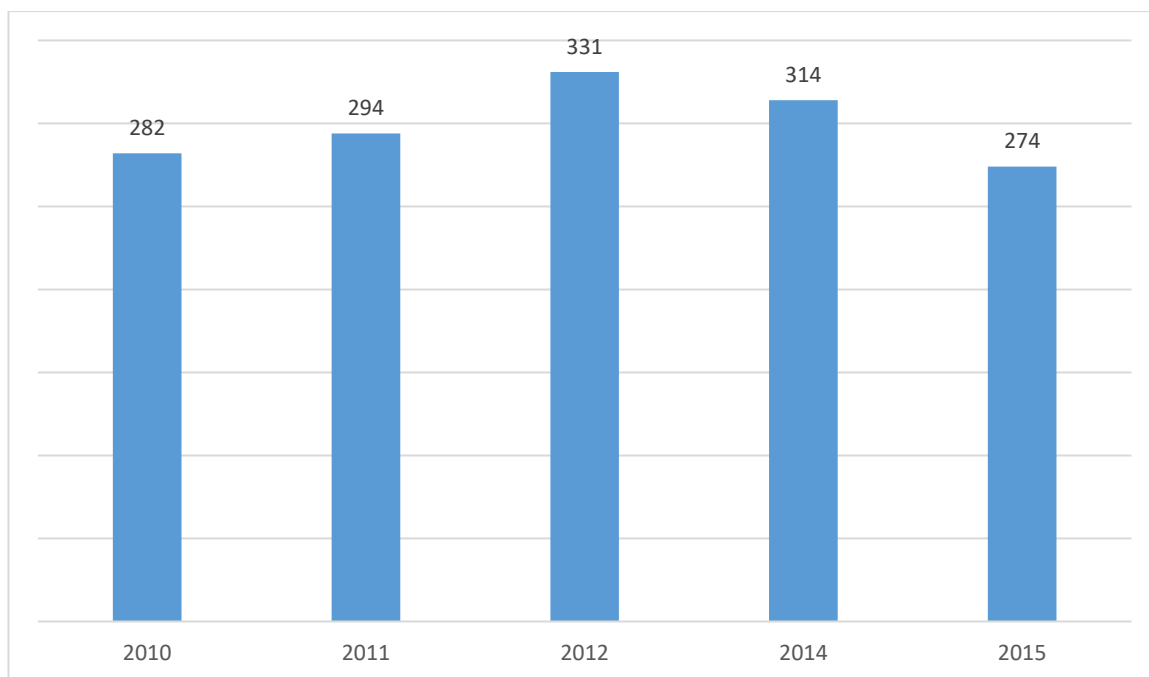
Figura 3: Laje preenchida com Isopor® diminuindo sem peso próprio.



Fonte: ABIPLAST – Associação Brasileira da Indústria do Plástico (2015).

O Gráfico 4 mostra uma queda na reciclagem de PET no Brasil de 12,74% em 2015 com relação ao ano de 2014. Queda que era de se esperar, uma vez que no ano de 2014 o Brasil foi sede da Copa do Mundo de Futebol e o consumo de PET foi maior pelo fato do país receber uma carga maior que o normal de pessoas fazendo turismo (ABIPET - Associação Brasileira da Indústria do PET).

Gráfico 4: Evolução da reciclagem de PET no Brasil (t x mil).



Fonte: ABIPET – Associação Brasileira da Indústria de PET. Não foram divulgados dados referentes ao ano de 2013.

5.2.1 Reciclagem de Polímeros

Existem quatro tipos de reciclagem de polímeros:

- Primária ou pré-consumo: resultado da reciclagem de polímeros de resíduos industriais sem contaminação e sujeira;
- Secundária ou pós-consumo: feita com polímeros diversos recolhidos após descarte em lixo ou aterro sanitário (Figura 4);
- Terciária: transfiguração do resíduo plástico em gases, óleos combustíveis ou produtos químicos;
- Quaternária: queima do polímero como combustível para gerar energia (GRILLO, 2016).

A grande vantagem apresentada pela reciclagem primária com relação às outras está no fato de esta utilizar-se de resíduos puros. A reciclagem secundária cresce no Brasil ultimamente devido às tecnologias empregadas no reprocessamento de vários tipos de plásticos garantindo a mesma qualidade (GRILLO, 2016). Exemplo disso é a madeira plástica, objeto de estudo deste trabalho. A reciclagem terciária é pouco utilizada no Brasil (CAPELAS, 2012). A

quaternária, apesar de simples já que é a combustão direta do material, é muito questionável quanto a seu impacto ambiental já que pode gerar gases tóxicos e poluentes (GRILLO, 2016).

O plástico reciclado pode ser aplicado em diversas situações, exceto embalagens de alimentos e remédios, já que estes não podem conter impurezas, fato não alcançado na reciclagem. Porém, produtos como: sacos de lixo, baldes, garrafas de água sanitária, cabides, peças para veículos e também a madeira plástica, são exemplos de aplicação totalmente viáveis do plástico de origem reciclável. É válido ressaltar que uma reciclagem mais sofisticada, como a utilizada para produzir a madeira plástica, é de custo mais elevado por necessitar de máquinas importadas (GRILLO, 2016). Por outro lado, a reciclagem do polímero consome 50% menos energia que a produção do material virgem (CAPELAS, 2012).

Figura 4: Etapas da reciclagem secundária de polímeros.



Fonte: ABIPLAST (2014).

6 A MADEIRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A extração de madeira de florestas nativas no Brasil não é um problema recente, ao contrário disto, vem desde o início de sua colonização. Tal problema coloca em alerta a possibilidade de esgotamento de florestas, principalmente a amazônica. Por isso precauções com relação a este problema devem ser tomadas, tais como: fiscalização por parte de autoridades da extração da madeira e conscientização por parte de consumidores em comprar de empresas certificadas e autorizadas a extrair madeira de forma legal perante a lei.

Hoje, São Paulo é quem consome a maior parcela de madeira nativa proveniente da Amazônia, 15%, sendo a construção civil a principal atividade de consumo, 70% (SINDUSCON; WWF, 2011). Este número se mostra muito elevado para um único estado.

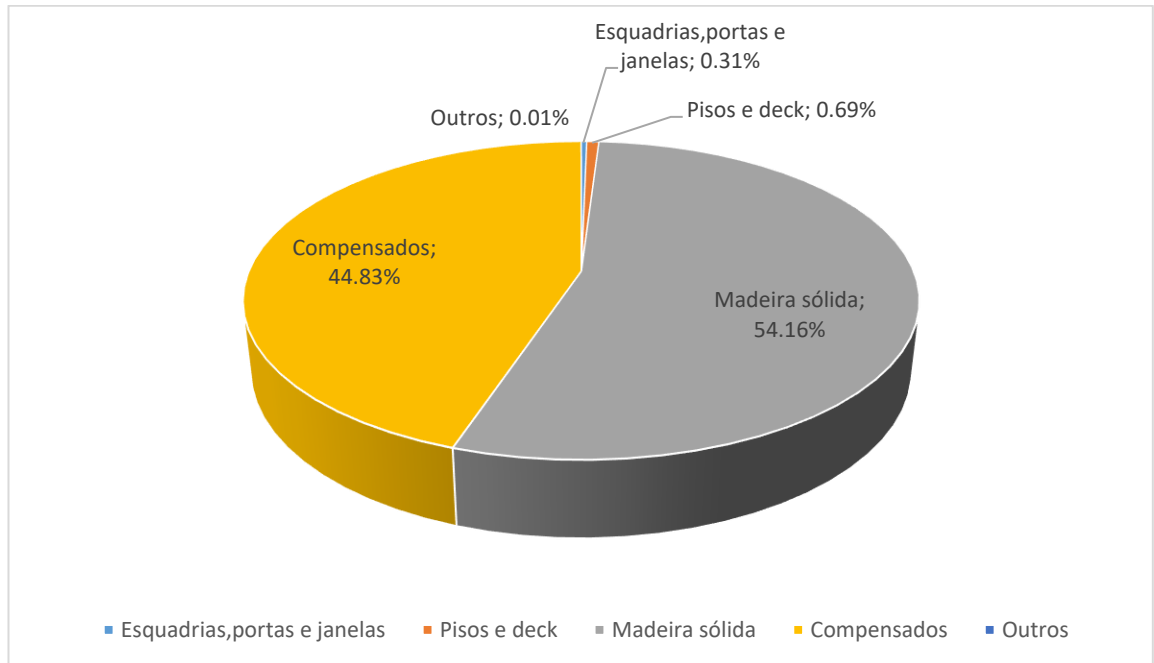
Na construção civil, a madeira pode ser aplicada de duas maneiras: temporária ou permanente. De maneira temporária, a madeira é utilizada, em sua maioria, como fôrma para peças de concreto armado, como vigas, pilares, lajes, blocos de fundação, e qualquer outra peça que necessita de modelagem *in loco*. Também pode ser utilizada como escoras de lajes, caso comumente visto em obras de pequeno porte, onde as escoras são utilizadas somente para uma única obra. A madeira quando utilizada de maneira permanente em obra, pode ser aplicada, basicamente, em assoalhos, *decks*, portas, janelas e estruturas de telhado, onde é mais comum se observar em qualquer obra, entre outras diversas aplicações. (MAURO, DI, 2013)

A grande diferença entre a madeira a ser utilizada temporariamente e a utilizada permanentemente é o tratamento que a madeira recebe. Tomando como exemplo fôrmas, normalmente se utiliza madeirites plastificados, painel compensado composto de lâminas de madeira sobrepostas e coladas com adesivo fenol-formaldeído ou uréia-formaldeído. Neste caso, o madeirite é utilizado e reutilizado algumas vezes, de acordo com seu desgaste, e posteriormente descartado. Com isso, este derivado de madeira não necessita ser da melhor qualidade, sendo seu valor de mercado relativamente alto devido a cola utilizada na sua fabricação. Agora, tendo como exemplo estruturas de telhado, estas sim necessitam ser compostas por madeira tratada, a fim de se evitar o desgaste desta por aparecimento de fungos e ou cupins (MIANA, 2007).

SINDUSCON (2011) publicou no ano de 2011 o Programa “Aquisição Responsável de Madeiras na Construção Civil”, onde fez-se uma análise de aplicação da madeira no canteiro de obras de 6 construtoras, e foi verificado que 54% era utilizada como madeira sólida, ou seja, sarrafos, caibros, ripas, entre outros. A madeira compensada representava 45% e o restante,

apenas 1%, utilizado como batentes, portas, janelas, etc. (SINDUSCON; WWF, 2011), como mostrado no Gráfico 5.

Gráfico 5: Consumo de madeira pelas construtoras participantes, por tipo de produto.



Fonte: SINDUSCON (2011).

Uma grande quantidade da madeira utilizada na construção civil, 45% aproximadamente, é descartada após a finalização da obra. A madeira compensada, responsável por tal número, é utilizada somente temporariamente na construção e por isso essas peças devem ser muito bem utilizadas e de acordo com o projeto de fôrmas, a fim de minimizar perdas por cortes desnecessários. Além disso, sempre devem ser verificadas as possibilidades de se reutilizar o material, garantindo que maior volume de peças de concreto sejam feitas, com a menor quantidade de fôrmas de madeira.

7 RECICLAGEM DA MADEIRA

Os resíduos de madeira envolvem diversos setores que vão desde a indústria moveleira até a indústria da construção civil. Estes resíduos merecem grande destaque pelo volume gerado na indústria responsável pelo seu beneficiamento, e também pelo potencial de periculosidade que podem apresentar caso sejam tratadas com produtos tóxicos no seu processamento. Para se ter uma ideia, no ano de 2009, 122.159.595 m³ de madeira em tora foram colhidas e deste montante 34.795.898 m³ se tornaram resíduos da colheita e 50.778.566 m³ foram resíduos do processamento mecânico, totalizando 85.574.456 m³ de resíduos de madeira. Isto representou, aproximadamente, 70% do total colhido. Esse montante de resíduos representou um potencial energético de 1.604 MW naquele ano (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE, 2012). Por efeito comparativo, uma unidade geradora da hidrelétrica de Itaipu possui 700 MW de potência (ITAIPU).

A reciclagem da madeira constitui basicamente no seu processamento mecânico. Devido a isso são inúmeras as possibilidades de reciclagem de produtos de madeira, uma delas é a transformação dos resíduos em elementos utilizados na construção civil, como o MDF (*Medium-Density Fiberboard* – placa de fibra de densidade média) e OSB (*Oriented Strand Board* – painel de fio orientado) (MACHADO, 2014) comumente utilizados como fôrmas para concreto e até mesmo como elementos arquitetônicos ou para fechamentos estruturais, como no caso do *steel frame*.

Diversas são as variáveis que influenciam na viabilidade técnica e econômica de uma central de reciclagem de resíduos de madeira, das quais, MACHADO (2014) dá destaque a:

- A quantidade e tipo de resíduos existentes no mercado local;
- Os preços dos produtos praticados no mercado;
- A eficiência tecnológica do processo de produção;
- A capacidade de adaptação do empreendimento a mudanças no mercado;
- A correta identificação do mercado alvo e produtos;

Em alguns casos, a reciclagem não é viável técnica ou economicamente, com isso, devido ao elevado conteúdo energético que o resíduo de madeira possui, uma saída para seu descarte é ser queimado como combustível para a geração de energia térmica ou elétrica (MACHADO, 2014). Como resultado positivo da incineração têm-se o fato de reduzir o elevado volume dos resíduos de madeira e de gerar energia. Esta saída pode ser, em partes, sustentavelmente não

ideal devido à geração de gases tóxicos, como o CO₂, mas parcialmente viável com relação a elevada redução do volume do resíduo.

8 A MADEIRA PLÁSTICA

Segundo o Ambiente Brasil (2011), um dos maiores remanescentes de florestas nativas está no Brasil, área que chega a números de 5,1 milhões de quilômetros quadrados. Com isso é evidente que o problema de desmatamento existe no país devido à grande disponibilidade de madeira e falta de fiscalização, e que este necessita de uma solução econômica e ecologicamente sustentável, que desafogue o mercado da madeira trazendo uma concorrência a este produto que movimenta milhões de reais todos os anos à custa do desmatamento (OLIVEIRA, 2013).

A madeira plástica surge então como uma saída para o problema apresentado, se mostrando viável economicamente, competitiva e com vantagens à madeira convencional (OLIVEIRA, 2013).

Segundo PINTO (2007 *apud* PAULA; COSTA, 2008)¹, a ideia da madeira plástica surgiu pela primeira vez na Europa, próximo da década de setenta. Contudo, o mercado começou a aceitar a ideia do plástico reciclado em moldes que substituía a madeira natural nos EUA, por volta da década de noventa. No país norte-americano a madeira plástica começava a ser utilizada em deques e cercas (OLIVEIRA, 2013).

É comum encontrar a denominação de madeira plástica reciclada por RPL, do inglês *Recycled Plastic Lumber* (madeira serrada em plástico reciclado), ou até mesmo WPC, também do inglês *Wood Polymer Composites* (compósitos de polímeros de madeira).

As madeiras plásticas podem ser definidas como “produtos manufaturados com conteúdo de plástico superior a 50% em massa, e que possuem genericamente seção transversal retangular e apresentam dimensões típicas dos produtos de madeira industrializada ” (SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS, 2007).

8.1 PANORAMA NACIONAL

O que se sabe da situação do Brasil com relação à fabricação da madeira plástica é que são poucas fábricas, embora não existam número oficias que retratam a real situação. A

¹ PINTO, M. **Exclusivo: madeira plástica tem praticamente todas as aplicações da natural, e vantagens.** Ambiente Brasil, 2007 *apud* PAULA, R. M.; COSTA, D. L. **Madeira plástica: aliando tecnologia e sustentabilidade.** In: ENCONTRO LATINO AMERICANO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 12.; ENCONTRO LATINO AMERICANO DE PÓS-GRADUAÇÃO, 8, São José dos Campos, 2008. **Anais...** São José dos Campos: UNIVAP, 2008.

preferência pela madeira natural pelos consumidores ainda é evidente, apesar de que, o aumento do acesso a informações sobre as vantagens e o potencial do novo material, mantenha em expansão o setor da indústria da madeira plástica (TRIGUEIRO & BOCARDI, 2012).

As fábricas pioneiras no Brasil observam um aumento da produção da madeira plástica nos últimos anos, sendo o leque de aplicações extenso, como: dormentes para ferrovias, móveis, tampas de bueiros, cercas, bancos, deques, lixeiras e também atendem a indústria da construção civil (TRIGUEIRO & BOCARDI, 2012).

Como forma de incentivar a indústria da madeira plástica, as Prefeituras da cidade de São Paulo-SP e do Rio de Janeiro-RJ vêm realizando compras de tampas de bueiros, aquecendo este setor e contribuindo também com a diminuição do furto de tampas de ferro fundido nas cidades, que ocorre com frequência por possuírem alto valor agregado no mercado (TRIGUEIRO & BOCARDI, 2012).

Em termos de preço a madeira plástica ainda é, em média, 30% mais cara que a madeira natural, mas as vantagens que possui este material, junto de sua durabilidade, o tornam viável e competitivo.

8.2 PRODUÇÃO E APLICAÇÃO DA MADEIRA PLÁSTICA

A produção da madeira plástica começa na coleta da matéria-prima: resíduo plástico. É possível utilizar-se de qualquer tipo de plástico, mas os mais utilizados são o polietileno de baixa densidade (PEBD) e polietileno de alta densidade (PEAD). A coleta seletiva participa diretamente nessa produção, garantindo que o plástico chegue mais limpo à indústria de manufatura por não ter sido misturado com outros tipos de substâncias (GUAMÁ, 2008).

Após sua coleta, o plástico é segregado por gênero. Podendo ser separado por cor, como no caso de algumas empresas, visto que com o plástico branco pode-se fazer perfis de cores mais claras. Posteriormente o resíduo plástico é lavado e moído, formando grânulos (*pellets*) (GUAMÁ, 2008).

O reprocessamento do plástico é a segunda etapa. Os *pellets* são fundidos e homogeneizados por uma máquina denominada de extrusora. Durante o processo de fundição são adicionados os pigmentos e cargas que darão a coloração desejada ao produto (GUAMÁ, 2008).

O material resultante, a madeira plástica, é obtida após o processo de refrigeração que sucede ao reprocessamento. Por fim, para se obter a forma desejada de comercialização, a madeira plástica passa por processos de corte idênticos ao da madeira natural (GUAMÁ, 2008).

A madeira plástica pode substituir a madeira natural em qualquer situação (Figura 5), e, quando a ela é aplicada aditivos, esta pode adquirir níveis de resistência a cargas pesadas. Devido a isso, sua aplicação não se limita a objetos de decoração, então pode ser utilizada em tampas de bueiros, estruturas de obras, dormentes de ferrovias, etc. (GUAMÁ, 2008).

Figura 5: Exemplo de aplicação da chapa de madeira plástica em assoalho de laje



Fonte: Fornecedor de madeira plástica WBP (2017).

8.3 VANTAGENS

As vantagens apresentadas pela madeira plástica são todas as mesmas apresentadas pelo plástico: não racha, não dá cupim, resistente a umidade, ao apodrecimento, não sofre ação de pragas, não conduz eletricidade e não requer qualquer tipo de tratamento especial. Além do mais, garante maior aderência a pregos e parafusos, não solta farpas e uma das maiores vantagens: pode ser aprimorada com as mesmas ferramentas que a madeira natural (GUAMÁ,

2008), ou seja, possíveis novos consumidores não precisam se preocupar quanto a dificuldade de trabalho com a madeira plástica.

Além destas vantagens pode-se citar:

- Limpeza simples com água e sabão, apesar de ser resistente a produtos químicos agressivos, como solventes e soda cáustica;
- Não necessitam de processos de lixamento e cobertura em verniz. Sendo assim, custos com manutenção de acabamento são minimizados;
- Fabricada com resíduos plásticos que seriam dispostos no meio ambiente e levariam anos para se decompor;
- Material isolante térmico;
- Aparência similar a madeira natural;
- Não é inflamável por possuir, em sua maioria, polietileno de alta densidade (PEAD) que não propaga fogo (OLIVEIRA, 2013);
- Produto ecológico e sustentável, evitando o corte da madeira natural, ou seja, desmatamento de florestas que são de extrema importância para o equilíbrio ecológico do planeta, principalmente para o bom funcionamento climático (GUAMÁ, 2008).

8.4 DESVANTAGENS

Apesar da reciclagem do plástico apresentar economias de energia e matéria-prima proveniente do petróleo (fonte não renovável de energia), a sua coleta seletiva requer um investimento relativamente alto, que representa cerca de dez vezes o preço da coleta convencional. Um dos fatores que interfere é o fato de não poder compactar o resíduo plásticos pelo motivo de existir compartimentos para cada lixo seletivo, com isso, menor é o volume coletado (GUAMÁ, 2008).

O investimento inicial para a produção devido a tecnologia de ponta envolvida, que por sua vez não é de fácil acesso (OLIVEIRA, 2013), agregam valor ao produto final, tornando-o caro, comparável ao valor de mercado de madeiras nobres (GUAMÁ, 2008).

9 RESULTADOS

9.1 O USO DA MADEIRA NA OBRA EM ESTUDO

Das muitas aplicações que se tem da madeira em uma obra, como *decks*, portas, esquadrias, pergolados, peças estruturais, fôrmas para peças em concreto armado, assoalhos e etc, neste estudo o destaque foi para as fôrmas, devido ao seu grande volume utilizado durante todo o período construtivo e por ser de uso temporário, já que após o término da obra esta madeira é considerada entulho e então é descartada.

Toda a madeira utilizada para a construção do empreendimento foi fornecida pelas empresas Made Nova Madeiras LTDA. e Comércio de Madeiras 1906 LTDA. EPP², ambas localizadas no estado de São Paulo.

De acordo com o levantamento de dados feitos na obra, os tipos de madeiras com seus respectivos valores médios de compra, que mais se utilizaram são os mostrados pela Tabela 2. Este levantamento considera os pedidos compreendidos entre os dias 28 de março de 2016 e 22 de maio de 2017, sendo esta última data a mesma da pesquisa.

² Ambas as empresas não aceitaram a publicação de informações cadastrais.

Tabela 2: Preço médio por produto

MATERIAL	UNIDADE	QUANTIDADE	VALOR MÉDIO (R\$/un.)	VALOR MÉDIO (R\$)	TOTAL
Tábua 2,5 x 15 cm	metro	3.650	4,50	16.425,00	
Sarrafo 2,5 x 7,5 cm	metro	5.504	2,01	11.063,04	
Sarrafo 2,5 x 10 cm	metro	5.035	1,58	7.955,30	
Pontaleta 7 x 7 cm	metro	12.300	2,74	33.702,00	
Madeirite Plastificado 220 x 110 x 1,7 cm	unidade	378	73,45	27.764,10	
Madeirite Plastificado 244 x 122 x 1,8 cm	unidade	1.500	84,28	126.420,00	
Madeirite Resinado 220 x 110 x 1,0 cm	unidade	150	28,42	4.263,00	

Fonte: Sindona Incorporadora (2017).

Como pode-se notar na Tabela 2, as quantidades de madeira utilizadas na obra no período de análise foram consideráveis. Dando maior destaque para o pontaleta de seção transversal de 7 x 7 cm, onde a quantidade chegou a notáveis 12,3 quilômetros.

Em obra, madeirites plastificados são aplicados em fôrmas de peças de concreto armado e assoalho de laje, como mostrado nas Figura 6 e Figura 7.

Na obra em estudo, um pavimento tipo possui uma área total de 387,92 m². Considerando o uso do madeirite plastificado 244 x 122 x 1,8 cm para todo o assoalho, cuja sua área é de 2,98 m² por unidade, têm-se um total de 131 folhas de madeirite para completar o assoalho. Além disso, é sempre interessante levar em consideração uma perda com recortes em 10%, no

mínimo, já que os ambientes do pavimento não são modulados de acordo com a folha do madeirite. Com isso, chega-se a um total de 144 folhas por pavimento, que podem ser reutilizadas, em média, a cada 6 pavimentos (SINDONA INCORPORADORA).

Figura 6: Detalhe de assoalho de pavimento tipo utilizando madeirite plastificado



Fonte: Autor (2017).

Figura 7: Detalhe de fôrma de pilar utilizando madeirite plastificado e pontalete



Fonte: Autor (2017).

Na Figura 7 tem-se uma fôrma de um pilar onde foi utilizado dois tipos de madeira, o madeirite plastificado como a fôrma propriamente dita e o pontalete fazendo o travamento desta (chamado também de gravata), impedindo que na hora da concretagem da peça estrutural a fôrma estufe fazendo com que o pilar perca sua forma desejada, a retangular.

O pontalete também é empregado na montagem do assoalho das lajes, onde este serve de apoio para o madeirite plastificado, impedindo que a laje perca seu nível inferior. Por isso, o pontalete é apoiado nas escoras de laje em uma mesma direção, como mostra na Figura 8.

Figura 8: Detalhe dos pontaletes de apoio do assoalho da laje tipo



Fonte: Autor (2017).

Sarrafos são muito utilizados no processo de montagem das bandejas, que são itens de segurança obrigatórios em uma obra de acordo com a NR-18 (2015) para proteção do trabalhador. Essas bandejas podem ser montadas com qualquer tipo de madeira, desde que sejam garantidas que não haja furos nestas por onde possam passar materiais. No caso da obra em questão, as bandejas foram montadas com sarrafos e madeirite plastificado (Figura 9).

Figura 9: Detalhe de bandeja montada com sarrafo e madeirite plastificado



Fonte: Autor (2017)

9.2 O DESCARTE DA MADEIRA DE OBRA

Como pode-se observar do item anterior, “9.1 O USO DA MADEIRA NA OBRA”, a quantidade de madeira utilizada para se fazer um empreendimento é muito grande, principalmente um deste porte. É de se imaginar então que o volume de resíduos de madeira a serem descartados também sejam.

As quantidades exatas de resíduos de madeira gerados não são contabilizadas pela empresa, nem tampouco acompanhado seu caminho até o descarte final. Contudo, é possível ver durante o dia a dia de obra que esta quantidade acumulada de resíduos é muito grande, como pode-se ver na Figura 10 e Figura 11.

Figura 10: Geração de resíduos de madeira em obra (1)



Fonte: Autor (2017).

Figura 11: Geração de resíduos de madeira em obra (2)



Fonte: Autor (2017).

Observando as duas figuras têm-se uma ideia do volume de resíduos de madeira acumulados em obra. Estes são considerados resíduos a partir do momento em que suas

dimensões ou integridade do material já não são suficientes para se reutilizar, ou seja, são descartados quando não possuem mais condições de aplicação em nenhum outro local da obra.

9.3 COTAÇÃO

A fim de comparar os valores gastos com a madeira natural na obra e os valores que seriam gastos com a madeira plástica, caso fosse optada como material de trabalho, é apresentado a seguir um mapa de cotação onde são mostrados os materiais e os respectivos valores de cada empresa escolhida para o estudo, que são:

- Rewood;
- Engeplas;
- Stardeck;
- Plastmad;
- WBP.

A partir deste mapa de cotação, mostrado Tabela 3, pode-se estudar a viabilidade econômica de substituição da madeira natural pela madeira plástica, ponderando, ao final, o fator sustentabilidade.

Tabela 3: Mapa de Cotação

MAPA DE COTAÇÃO ³					
PRODUTO	VALOR DO PRODUTO POR EMPRESA ⁴				
	REWOOD	ENGEPLAS	STARDECK	PLASTMAD	WBP
TÁBUA 2,5 x 15cm	34,00	-	28,00 ⁵	28,82	29,65
SARRAFO 2,5 x 7,5cm	17,00	-	16,70 ⁶	11,92 ⁷	21,84
SARRAFO 2,5 x 10cm	28,00	-	-	23,65	21,84
PONTALETE 7 x 7cm	53,93 ⁸	-	14,00 ⁹	45,70	33,13
CHAPA 220 x 110 x 1,7cm	-	84,14 ¹⁰	-	-	130,37
CHAPA 244 x 122 x 1,8cm	-	-	-	-	130,37
CHAPA 220 x 110 x 1,0cm	-	58,88	-	-	109,00

Fonte: Empresas apresentadas (2017).

Como pode-se observar, somente as empresas Engeplas e WBP fornecem chapas, este fato deve-se à dificuldade em se fabricar chapas por extrusão, como pede o processo de fabricação da madeira plástica. A dificuldade se encontra em idealizar fôrmas que moldem o material até adquirirem o formato desejado, e chapas são muito esbeltas (e.g. chapa 220 x 110 x 1,0 cm) para isso.

Também devido ao processo de extrusão, muitos perfis são fabricados diferentes do encontrado no mercado comum de madeira natural, já que esta é obtida em toras e cortada na dimensão desejada.

Em se tratando de diferenças de dimensões, os perfis oferecidos no mercado de madeira plástica poderiam sem problemas substituir os de madeira natural, pois não interfeririam no processo de montagem de fôrmas para peças em concreto armado.

³ Todos os valores apresentados foram adquiridos por ligação telefônica diretamente com a empresa.

⁴ Valores de tábuas, sarrafo e pontalete são exibidos em R\$/m.l. (Reais por metro linear), enquanto valores de chapas em R\$/unidade (Reais por unidade).

⁵ Dimensão do produto fornecido pela empresa Stardeck é de 3,2 x 15cm.

⁶ Dimensão do produto fornecido pela empresa Stardeck é de 3,0 x 7,0cm.

⁷ Dimensão do produto fornecido pela empresa Plastmad é de 2,5 x 5,0 cm.

⁸ Dimensão do produto fornecido pela empresa Rewood é de 9,0 x 9,0 cm.

⁹ Dimensão do produto fornecido pela empresa Stardeck é de 4,0 x 5,0cm.

¹⁰ Dimensão da chapa fornecida pela empresa Engeplas é de 220 x 110 x 1,5cm.

10 DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

Como mostrado anteriormente o volume de resíduos sólidos urbano (RSU) gerado no Brasil é muito elevado, chegando a números próximos de 80 milhões de toneladas no ano de 2015 (ABRELPE, 2015). Não diferente do RSU os resíduos de construção e demolição (RCD) também seguem em quantidades proporcionais, representando uma parcela de 41 a 70% de todo o RSU gerado (PINTO, 1999). Assim, no ano de 2015, o volume de RCD gerado pelo setor da construção civil no país pode ter chegado a 56 milhões de toneladas, sendo que deste montante, 45 milhões de toneladas, ou 80,35%, foram coletadas (ABRELPE, 2015). Chega-se à conclusão de que quase 20% do RCD no Brasil não tem destinação final correta.

De acordo com Miranda et al. (2009), a madeira representa cerca de 31% de todo o volume e 10% da massa de resíduo de construção gerado numa obra de edifício residencial. Baseando-se nestes números e considerando o ano de 2015 no Brasil, a madeira representou, aproximadamente, 5,6 milhões de toneladas de resíduo. Se considerados que 20% do RCD não é coletado, têm-se que 1,12 milhão de toneladas de madeira foi descartada no meio ambiente naquele ano.

A empresa responsável pela obra em estudo, Sindona Incorporadora, não contabiliza o volume de resíduos gerados, com isso não é possível tirar conclusões sobre resíduos de madeira. Contudo, acompanhando o dia a dia da obra, foi possível observar o desperdício e a não preocupação em segregar o material de contaminantes como pregos, gesso, argamassa, etc, facilitando uma possível reciclagem do mesmo. O mesmo problema de contaminação de material a ser reciclado é citado por Miranda et al. (2009) em seu estudo em que a matéria prima a ser processada contém materiais contaminantes, como papel, plástico, gesso, madeira, solo, amianto, e estes devem ser removidos do RCD, por triagem manual ou processos mecanizados.

Como pode-se notar, a triagem do resíduo de construção e demolição se mostra muito importante, uma vez que, quando feito de maneira correta, facilita muito a seleção de materiais que não estão contaminados e podem ser reciclados dos materiais que devem ser descartados.

Uma saída para minimizar a coleta e descarte da madeira surge com o aparecimento da madeira plástica no mercado da construção civil. Por apresentar inúmeras vantagens com relação à madeira natural, como: impermeabilidade, não-inflamável, inerte a ações de fungos e intemperes, etc; a madeira plástica se destaca, principalmente pela sua sustentabilidade, visto que é fabricada a partir de material reciclado, no caso o plástico, que por sua vez se aplica a inúmeros produtos consumidos no dia a dia. Estes produtos, depois de consumidos, têm suas embalagens descartadas porque não possuem, na maioria dos casos, mais utilidade (e.g. PET).

Analisando economicamente a situação real em obra estudada neste trabalho, vê-se que a madeira plástica não se torna viável uma vez que seus valores praticados no mercado ainda são muito elevados. Tal fato pode ser explicado pelo baixo número de fornecedores do material, que por sua vez não é tão disseminado no país. Como pode-se observar na Tabela 4, a diferença de valores entre madeira natural e madeira plástica se mostra muito elevada, fazendo com que a opção de substituição, do ponto de vista financeiro, da primeira pela segunda seja praticamente descartada.

Tabela 4: Valores médios da madeira natural e da madeira plástica

MATERIAL	UNIDADE	PREÇO MÉDIO MADEIRA NATURAL ¹¹ (R\$/unidade)	PREÇO MÉDIO MADEIRA PLÁSTICA ¹² (R\$/unidade)	DIFERENÇA DIRETA DE PREÇO (R\$)
Tábua 2,5 x 15cm	metro linear	4,50	30,11	25,61
Sarrafo 2,5 x 7,5cm	metro linear	2,01	16,87	14,86
Sarrafo 2,5 x 10cm	metro linear	1,58	24,50	22,92
Pontalete 7 x 7cm	metro linear	2,74	36,70	33,96
Chapa 220 x 110 x 1,7cm	unidade	73,54	107,25	33,71
Chapa 244 x 122 x 1,8cm	unidade	84,28	130,37	46,09
Chapa 220 x 110 x 1,0	unidade	28,42	84,00	55,58

Fonte: Fornecedores de madeira natural para o empreendimento Domus Conviva e fabricantes de madeira plástica que realizaram cotação (2017).

Com a Tabela 4 fica clara que a diferença direta de preço entre a madeira natural e madeira plástica é muito elevada, chegando a valores 15 vezes superiores, como no caso do sarrafo de 2,5 x 10cm.

As chapas são os produtos que apresentam diferença de preço bem menos significativas se comparadas aos outros. Dentre elas, a chapa de 220 x 110 x 1 cm é a que mais se dispersa em valores, sendo que a de madeira plástica custa, aproximadamente, 200% a mais do que a de madeira compensada.

Do ponto de vista da sustentabilidade é relevante destacar a importância do desenvolvimento sustentável, que implica imediatamente na necessidade de, com a menor quantidade de recursos naturais e menor poluição, se produzir maior quantidade de bens, desvinculando o desenvolvimento econômico da geração de impactos ambientais (BRASILEIRO & MATOS, 2015).

¹¹ Preços médio obtido das empresas Made Nova Madeiras LTDA. e Comércio de Madeiras 1906 LTDA. EPP que forneceram madeira natural para idealização do empreendimento Domus Conviva.

¹² Preço médio obtido por média simples dos valores apresentados no Mapa de Cotação.

Esta desvinculação é alcançada após várias ações que buscam a construção sustentável: reduzir consumo de matérias primas, que resulta da redução e reciclagem de resíduos, elaboração de projetos mais aperfeiçoados, substituição de materiais tradicionais por outros mais eficientes, minimizar consumo de energia e redução da poluição (MORAIS, 2006).

E para minimizar os impactos ambientais da indústria da construção, alguns princípios foram propostos por Kibert (1994):

- I. Minimizar consumo de recursos;
- II. Maximizar reuso de recursos;
- III. Utilizar recursos recicláveis e reutilizáveis;
- IV. Proteger o ambiente natural;
- V. Criar um ambiente saudável e não-tóxico;
- VI. Buscar qualidade na construção do ambiente.

Estes princípios foram idealizados na década de 1990, mas devem se fazer valer até hoje, principalmente no Brasil, país em desenvolvimento, onde a construção civil cresce de maneira intensa e é responsável por aproximadamente 15% do produto interno bruto (PIB), com investimentos que ultrapassam R\$ 90 bilhões por ano (MORAIS, 2006).

Além disso, levando em consideração as madeiras brutas utilizadas em obra, ou seja, pontalotes, sarrafos e tábuas, no período de estudo têm-se um volume de 96,87 m³ de madeira. Como mostrado por Martins (2012), apenas 36% do volume de uma tora é transformada em madeira serrada. Então, se uma árvore do tipo *Pinus* possui, em média, 2,5 m³ (ENCINAS et al., 2009), apenas 0,9 m³ desta árvore se torna madeira utilizável. Visto isso, os 96,87 m³ de madeira utilizada em obra correspondem a 108 árvores que foram cortadas para atender as necessidades da construção.

Levando em conta a sustentabilidade, a substituição da madeira natural pela madeira plástica em obra se torna totalmente viável, e é indiscutível que sua aplicação garantiria a minimização de impactos ambientais consequentes do desmatamento para produção de madeira.

REFERÊNCIAS

ABIPET. **Indústria do pet no brasil**. São Paulo: ABIPET, 2012.

ABIPLAST. **Conceitos básicos sobre materiais plásticos**. Brasília: ABIPLAST, 2015.

ABRELPE. **Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2015**. 2015. Disponível em: <<http://www.abrelpe.org.br/Panorama/panorama2015.pdf>>. Acesso em: 13 set. 2017.

ALLEN, D. T.; ROSSELOT, K. S.. Pollution prevention at the macro scale: flows of wastes, industrial ecology and life cycle analyses. **Waste management**, v. 14, n. 3-4, p. 317-328. DOI: 10.1016/0956-053X(94)90078-7. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0956053X94900787>. Acesso em: 11 set. 2017.

AMBIENTE BRASIL. **Reciclagem de plástico**: classificação dos plásticos, tipos de reciclagem. [S.l.], 2011. Disponível em: <http://ambientes.ambientebrasil.com.br/residuos/reciclagem/reciclagem_de_plastico.html>. Acesso em: 12 set. 2017.

BRASIL, Conama - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução CONAMA nº307, de 5 de Julho de 2002**. Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para gestão dos resíduos da construção civil. Brasília: Conama, 2002.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. **Revisão bibliográfica**: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil. v. 61, p. 178–189, 2015.

CAPELAS, A. **Reciclagem do plástico**: o que você precisa saber. n. 67, p. 1–2, 2012. Disponível em: <<http://viajeaqui.abril.com.br/materias/reciclagem-do-plastico-o-que-voce-precisa-saber>>. Acesso: 11 set. 2017.

ENCINAS, J. I.; OLIVEIRA, I. A. DE; FERREIRA, J. C. S.; IMAÑA, C. R. **Levantamento da biomassa lenhosa em pé e o correspondente sequestro de carbono fixo dos pinus elliottii do parque da cidade de brasilia**. Piracicaba: revsbau, v. 4, n. 3, p. 21–31, 2009.

ENGEPLAST, **Indústria e Comércio de Plásticos LTDA**. Disponível em: <<http://www.engeplas.com.br/>> Acesso em: 09 set. 2017.

FAGUNDES, L.; MIRANDA, R. A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008. **Fapesp**, p. 57–71, 2009.

FUNDAÇÃO NACIONAL DA SAÚDE - FUNASA. **Manual de saneamento**. 3. ed. Brasília: Fundação Nacional de Saúde, 2004.

Google. **Maps**. Disponível em: <<http://www.google.com.br/maps>>. Acesso em: 10 set. 2017.

GRILLO, C. C. **Reciclagem de rejeitos de polietileno de baixa densidade provenientes de uma cooperativa de catadores na forma de madeira plástica**. Projeto de pesquisa de Doutorado, USP, Lorena, 2016.

GUAMÁ, F. F. M. C. DE. **Lixo plástico: de sua produção até a madeira plástica**. Guamá in: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28. 2008, Rio de Janeiro. **anais...** Rio de Janeiro, p. 1-13, 2008.

ITAIPU. Disponível em: <<https://www.itaipu.gov.br/energia/geracao>> Acesso em: 12 set. 2017.

JOHN, V. M. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. São Paulo: PCC USP, 2000.

KIBERT, C. J. **Establishing principles and a model for sustainable construction**. Kibert in: INTERNATIONAL CONFERENCE OF CIB TG 16 ON SUSTAINABLE CONSTRUCTION, 1. 1994, Tampa, Florida, USA. **anais...** Tampa, Florida, USA, p. 3–12, 1994.

MACHADO, G. B. **Não geração , redução , reutilização , reciclagem e tratamento de resíduos de madeira**. p. 1–9, 2014. Disponível em: <<http://www.portalresiduossolidos.com/nao-geracao-reducao-reutilizacao-reciclagem-e-tratamento-de-residuos-de-madeira/>>. Acesso em: 10 set. 2017.

MARTINS, J. **Materiais e ferramentas**. , p. 1–3, 2012. Disponível em: <<http://equipedeobra.pini.com.br/construcao-reforma/50/como-arvores-viram-tabuas-confira-o-processo-pelo-qual-262898-1.aspx>>. Acesso em: 13 set. 2017.

MAURO, F. J. P. DI. **Madeira na construção civil: da ilegalidade à certificação**. Campinas: UNICAMP, 2013.

MIANA, E. H. **Aplicação do Sistema MRP à construção civil: estudo de caso empreendimento Bossa Nova**. UFJF, Juiz de Fora , 2007.

MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. Plano Nacional de Resíduos Sólidos. **Mma**, p. 106, 2012. Disponível em: <<http://www.sinir.gov.br/web/guest/plano-nacional-de-residuos-solidos>>. Acesso em: 14 set. 2017.

MIRANDA, L. F. R.; ÂNGULO, S. C.; CARELI, E. D. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**, Porto Alegre: Ambiente Construído, v. 9, n. 1, p. 57-71, 2009.

MORAIS, G. M. D. DE. **Diagnóstico da deposição clandestina de resíduos de construção e demolição em bairros periféricos de uberlândia**: Subsídios Para Uma Gestão Sustentável. Uberlândia: UFU p. 220, 2006.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NR – 18: Condições e Meio Ambiente de Trabalho na Indústria da Construção**. Rio de Janeiro, 2015.

OLIVEIRA, E. M. R. DE. **Madeira plástica**. Salvador: Serviço Brasileiro de Respostas Técnicas, 2013.

PINTO, T. DE P. **Metodologia para a gestão diferenciada de resíduos sólidos da construção urbana**. São Paulo: Escola Politécnica, USP, 1999.

PLASTMAD, **Fabricante de madeira plástica**. Disponível em: <<http://www.plastmad.com.br/>>

REWOOD, **Fabricante de madeira plástica**. Disponível em: <<http://www.rewood.eco.br/>> Acesso em: 09 set. 2017.

SINDONA INCORPORADORA. Disponível em: <<http://www.sindonaincorporadora.com.br/domusconviva.html>> Acesso em: 13 set. 2017.

SINDUSCON; WWF. **Aquisição responsável de madeira na construção civil Guia prático para as construtoras**. São Paulo: Sinduscon, 2011.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Madeira plástica**. Resposta Técnica elaborada por: “Sonia Maria Marques de Oliveira”. Curitiba: TECPAR, 2005. (Código da Resposta: 409). Disponível em: <<http://www.respostatecnica.org.br>> Acesso em: 11 set. 2017.

SERVIÇO BRASILEIRO DE RESPOSTAS TÉCNICAS. **Madeira plástica**. Resposta Técnica elaborada por: “Sonia Maria Marques de Oliveira”. Curitiba: TECPAR, 2007. (Código da Resposta: 5913). Disponível em <<http://www.respostatecnica.org.br>> Acesso em: 12 set. 2017.

SOBRAL, L.; VERÍSSIMO, A.; LIMA, E.; AZEVEDO, T.; SMERALDI, R. **Acertando o Alvo 2: consumo de madeira amazônica e certificação florestal no Estado de São Paulo**. Belém: Imazon, 2002.

STARDECK, **Fabricante de madeira plástica**. Disponível em: <<http://www.stardeck.com.br/>> Acesso em: 09 set. 2017.

TRIGUEIRO, A.; BOCARDI, R. **Madeira plástica evita derrubada de árvores para fabricar móveis**. p. 1–10, 2012. Disponível em: <<http://g1.globo.com/jornal-da-globo/noticia/2012/09/madeira-plastica-evita-derrubada-de-arvores-para-fabricar-moveis.html>>. Acesso em: 09 set. 2017.

WIECHETECK, M. **Aproveitamento de resíduos e subprodutos florestais, alternativas tecnológicas e propostas de políticas ao uso de resíduos florestais para fins energéticos**. Ministério do Meio Ambiente, Curitiba, p. 40, 2009.