

## Produção mais Limpa na Construção Civil: ações sustentáveis para o descarte da madeira residual no canteiro de obras

Elias Riffel (UNIVILLE) elias@rieg.com.br

**Resumo:** A indústria da construção civil é uma das indústrias de transformação que mais consome recursos naturais do planeta, entre 20% a 50%; contudo, não havia sido colocada como uma indústria com problemas de sustentabilidade até meados da década de 1990. O conceito de desenvolvimento sustentável somente se consolidou com a publicação da Carta da Terra, documento editado pela Eco-92, no Rio de Janeiro. A tecnologia da Produção mais Limpa (P+L) se destaca na gestão ambiental implantando mudanças em produtos e processos com intuito de reduzir ou eliminar rejeitos antes que eles sejam produzidos. À luz dos princípios sustentáveis, o artigo tem objetivo de propor ações preventivas como forma de mitigar o consumo de madeira de caixaria do gênero *pinus*, utilizada de forma provisória para execução de estruturas de concreto armado. A pesquisa é delineada por meio de uma abordagem mista entre conceitos e fundamentos qualitativos e variáveis quantitativas; quanto aos procedimentos técnicos, integra-se à pesquisa bibliográfica dois levantamentos de campo. No levantamento de campo A é verificado qual a forma de destinação dos resíduos de madeira de caixaria do gênero *pinus* em 26 canteiros de obras na cidade de Brusque/SC; enquanto que o levantamento de campo B determina qual é o consumo médio mensal da mesma madeira comercializada nas 35 lojas de materiais de construção da cidade. A análise dos resultados permite contribuir com ações sustentáveis para redução do consumo ambiental da madeira no canteiro de obras.

**Palavras chave:** Construção civil, Sustentabilidade, Produção mais Limpa, Madeira.

## Cleaner production in civil construction: sustainable actions for the disposal of waste wood at the construction site

**Abstract:** The construction industry is one of the most resource-consuming manufacturing industries on the planet, between 20% and 50%, however, it had not been placed as an industry with sustainability problems until mid-1990s. The concept of sustainable development was only consolidated with the publication of the Earth Charter, a document issued by Eco-92 in Rio de Janeiro. Cleaner Production (P+L) technology excels in environmental management by implementing changes in products and process to reduce or eliminate tailings before they are produced. In the light of sustainable principles, the article aims to propose preventive actions as a way of mitigating the consumption of pine wood of the genus *pinus*, provisionally used for execution of reinforced concrete structures. The research is delineated through a mixed approach between concepts and qualitative foundations and quantitative variables; as for the technical procedures, two surveys are included in the bibliographic research. In the survey A, it's verified how the waste of wood of the genus *pinus* in 26 construction sites in the city of Brusque/SC; whereas survey B determines the average monthly consumption of the same wood sold at the 35 constructions stores in the city. The analysis of the results allows us to contribute to sustainable actions to reduce the environmental consumption of wood at the construction site.

**Key-words:** Civil construction, Sustainability, Cleaner production, Wood.

### 1. Introdução

Durante o século XX, as cidades brasileiras tornaram-se palcos de grandes transformações econômicas, sociais e espaciais devido ao acelerado processo de industrialização e

urbanização do território nacional (ROSA *et al.*, 2015). A construção civil, segundo Roth & Garcias (2009, *apud* GOMES & MAGALHÃES, 2018), da maneira como vem sendo praticada no Brasil, provoca degradação ambiental em três etapas distintas do processo: durante a extração e fabricação dos materiais de construção, na fase de execução das obras e, por último, na disposição final dos resíduos; como proposta de mitigação das áreas degradadas, os autores consideram inevitável que a construção civil adote procedimentos adequados aos princípios da construção sustentável.

Segundo Karpinsk (2009) a cadeia de ações da construção civil consome entre 20% e 50% detodos os recursos naturais disponíveis, renováveis e não-renováveis. A degradação ambiental causada pela produção e descarte de resíduos da indústria da construção civil (ICC) é um dos mais impactantes do planeta, seja pela quantidade descartada ou pelo uso irracional das jazidas de recursos naturais (BAPTISTA JUNIOR & ROMANEL, 2013). Passuelo *et al.* (2014), atestam que entre os materiais de construção utilizados tradicionalmente, destaca-se com ampla aplicação o cimento Portland, cuja indústria é reconhecida como uma das principais fontes emissoras de gases do efeito estufa da atualidade, sendo responsável por aproximadamente 7% do somatório de todas as atividades antropogênicas. Bernstein *et al.* (2007), Müller & Harnish (2008), afirmam que o cimento é essencial para quase toda a produção do ambiente construído, conseqüentemente, é o material mais usado no mundo e representa de 5% a 8% da produção mundial de CO<sub>2</sub>.

A indústria de modo geral e, da construção civil em particular, demorou em tratar e enfrentar os problemas de sustentabilidade. Apesar de ser a indústria que mais consome recursos naturais e gera resíduos no canteiro de obras, não havia sido colocada como uma indústria com problemas de sustentabilidade até meados da década de 1990. Somente a partir da Rio 92, esse conceito se consolidou e hoje vem sendo progressivamente aplicado a todas as atividades humanas, com grande destaque à cadeia produtiva da construção civil (AGOPYAN & JOHN, 2011).

Nascimento (2012) sustenta que, com a perspectiva de garantir o desenvolvimento sustentável e enfrentar a competitividade industrial, a estratégia de estruturar um sistema de gestão ambiental nas organizações pode ser considerada uma fonte de oportunidades e não um obstáculo. Como estratégia aplicada para a gestão ambiental, a Produção Mais Limpa (P+L) é indicada como uma ferramenta que viabiliza o funcionamento social e ambiental das organizações, proporcionando melhorias econômicas e tecnológicas (SILVA FILHO & SICSÚ, 2003).

Dias (2017) define a P+L como uma estratégia ambiental preventiva que, aplicada a processos, produtos e serviços empresariais, tem como objetivo a utilização eficiente dos recursos e a diminuição dos impactos no meio ambiente. Oliveira Filho (2001) descreve que a solução fim-de-tubo proporciona prejuízos ambientais causados pelo sistema produtivo, sem combater as causas que os originaram; enquanto que, as tecnologias de P+L contemplam mudanças em produtos e processos, com intuito de reduzir ou eliminar rejeitos antes que eles sejam produzidos. Bohana *et al.* (2016) corroboram que, grande parte das empresas da indústria da construção civil operam o modo tradicional de produção, utilizando-se de técnicas corretivas para solução de problemas, cuja prática denominada “fim de tubo”, não é a mais adequada, pois permite a degradação do meio ambiente para depois atenuar o problema.

Para Fernandez *et al.* (2015), o setor da indústria da construção civil é o maior gerador de resíduos sólidos urbanos, representando cerca de 62% do volume total. A Associação Brasileira de Empresas de Limpeza Pública e Resíduos Especiais (ABRELPE), segundo o Panorama 2017, divulga que a geração de Resíduo Sólido Urbano (RSU) em 2016 e 2017, respectivamente, foi de 212.753 t/dia e 214.868 t/dia, enquanto que, as coletas de Resíduo da Construção e Demolição (RCD), em 2016 e 2017, respectivamente, foi de 123.619 t/dia e 123.421 t/dia, ou seja, a construção civil representou uma média de 57,77% da quantidade total no período.

O setor da construção civil é o maior consumidor de madeira tropical do país (SILVA *et al.*, 2016). No Brasil, a indústria da construção civil consome cerca de dois terços na madeira natural do país (SOUZA, 2010). Na construção civil, a madeira é empregada na forma de elementos temporários, como por exemplo: na instalação de canteiro de obras, caixaria para concreto armado, andaimes e escoramentos, e também de forma definitiva, para execução de estruturas de cobertura, esquadrias, pisos e forros (ZENID, 2009). De acordo com Miranda *et al.* (2009), os resíduos de madeira na construção civil representam cerca de 31% do volume gerado no canteiro de obras, podendo atingir 42% dos resíduos gerados se considerado a fase de execução estrutural.

Fundamentado na concepção estratégica da Produção Mais Limpa, o artigo tem o objetivo de propor a redução da geração de resíduos de madeira no canteiro de obras, a fim de mitigar um dos maiores problemas da construção civil: o consumo de recursos naturais empregados nos processos produtivos.

A pesquisa foi delineada por referenciais bibliográficos constituídos de livros e artigos científicos para coleta de dados alinhados com a questão da Produção Mais Limpa (P+L) e da gestão de resíduos na Indústria da Construção Civil (ICC). Na metodologia foi utilizada a pesquisa bibliográfica para compreensão dos temas propostos com a combinação de dois levantamentos de campo (*surveys*), preliminarmente, para qualificação do destino da madeira residual do gênero *pinus* em 26 canteiros de obras e, posteriormente, para quantificação do consumo médio mensal da mesma madeira em 35 lojas de materiais de construção.

## 2. Fundamentação teórica

### 2.1 O consumo ambiental da Indústria da Construção Civil (ICC)

Segundo Lintz *et al.* (2012), a construção civil é uma das atividades mais antigas que se tem conhecimento e desde os primórdios da humanidade, foi empregada de forma artesanal, gerando como subproduto dos processos, grande quantidade residual de diversas naturezas. A ICC é reconhecida como uma das mais importantes áreas industriais para o desenvolvimento econômico e social, contudo, atua como a maior consumidora de recursos naturais em qualquer país do mundo, seja pelo consumo de insumos naturais (ativos ambientais), pela modificação da paisagem ou pela geração de resíduos (passivos ambientais) (MUNHOZ, 2008; SANTOS *et al.*, 2012).

No Brasil, cerca de 84% da população vive nas cidades e, segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), a previsão para 2020 é de 90% (WORLDWATCH INSTITUTE, 2013). Tendo em vista a grandiosidade do consumo da cadeia de produção da ICC, fica claro que não será possível alcançar o desenvolvimento sustentável, sem que o próprio setor também se torne sustentável (BRASILEIRO & MATOS, 2015). A cadeia dos processos de

produção da ICC consome entre 14% e 50% dos recursos naturais de todo o planeta, conforme Sjöström (1996 *apud* Santos *et al.* 2010); 40% e 75% da matéria-prima produzida no planeta (AGOPYAN & VANDERLEY, 2011). A tabela 1 retrata o estado da arte do consumo ambiental da construção civil.

Autor (ano)	Consumo ambiental
John; Agopyan (2000)	120% de perda dos revestimentos à base de gesso
Ochoa; Hendrickson; Mathews (2002)	46% da atividade econômica 57% das emissões atmosféricas 51% na geração de resíduos perigosos
Araújo (2002)	30% da matéria prima 42% do consumo de energia 25% do consumo de água
Marques Neto (2005)	20% a 50% do total dos recursos naturais 2/3 de toda a madeira natural extraída
Souza (2005)	47,5 % de madeiras em geral
Santos et al. (2011)	14% a 50% dos recursos naturais de todo o planeta
Laruccia (2014)	41% a 70% da massa total do RSU
John (2017)	50% de perda no desdobro da madeira
Isaia (2017)	55% da madeira para fins não combustível 40% de energia para fabricação e utilização dos materiais de construção

Fonte: Autor (2019)

Tabela 1 - Consumo ambiental da construção civil

A ICC é a atividade antrópica com maior impacto sobre o meio ambiente (Karpinsk *et al.* 2009; GOMES & DE SÁ MAGALHÃES, 2018). Os números demonstram a importância do tema e a necessidade por ações voltadas para a redução dos impactos na construção civil (SANTOS *et al.* 2010). Apesar da quantidade alarmante de resíduos gerados, a ICC também é um dos setores que possuem maior potencial de inserir resíduos em seu processo produtivo (RIBEIRO & MORELLI, 2009; LINTZ *et al.* 2012). Segundo Schneider (2004), 90% dos resíduos da construção civil podem ser reciclados. John (2000) afirma que a reciclagem dos resíduos da construção civil, por ser o maior gerador de resíduos finais entre macrossetores econômicos, é uma das condições básicas para se atingir o desenvolvimento sustentável.

## 2.2 Gestão Ambiental: Produção Mais Limpa

A construção da concepção do Desenvolvimento Sustentável constituído sob a égide de possibilitar a satisfação das necessidades do presente sem comprometer as possibilidades de sobrevivência das gerações futuras, foi consolidado a partir de três grandes marcos emblemáticos na história da gestão ambiental: o livro a Primavera Silenciosa de Rachel Carson, publicado em 1962; o Relatório Brundtland de 1987 e a Conferência ECO-92, no Rio de Janeiro (MOURA, 2009; NASCIMENTO, 2012; OLIVEIRA, 2012).

Conforme Moura (2009), o livro da bióloga Rachel Carson foi o primeiro a denunciar a ação residual de agrotóxicos no meio ambiente, com a destruição e ameaça de extinção de seres da vida silvestre, como pássaros, peixes e animais; nesse contexto, Dias (2017) atesta ser o relatório produzido pela Comissão Brundtland, o primeiro a apresentar a definição mais elaborada de Desenvolvimento Sustentável; também, Pereira & Sant'anna (2018), complementam dizendo que, a Agenda 21, um dos documentos gerados na Conferência

Mundial de Meio Ambiente e Desenvolvimento em 1992, compilou ao longo dos seus 40 capítulos, as recomendações relativas à gestão ambiental nas organizações e também as ações específicas de Produção mais Limpa (P+L).

O conceito de P+L é diferente da abordagem tradicional, ou seja, dos processos industriais que possuem controle somente na etapa final, *end-of-pipe* em inglês, conhecidos como fim de tubo. Esta metodologia não reduz a contaminação, mas diminui a toxicidade transferindo-a de um meio a outro, como por exemplo, na instalação de filtros para retenção de poluentes, os quais serão tratados somente no final do processo. A P+L, ao contrário, sustenta prevenir a geração da poluição na fonte, ao contrário do controle no fim do processo (DIAS, 2017).

Para Nascimento (2012); Pereira & Sant'Anna (2018), a P+L pode ser incorporada em todas as etapas produtivas, desde a escolha das matérias-primas, no desenvolvimento do produto, na preocupação em reduzir insumos, resíduos e emissões.

### 2.3 A Produção mais Limpa na Construção Civil

O Conselho Nacional do Meio Ambiente (Conama), por meio da resolução 307, de 5 de julho de 2002, estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, disciplinando ações necessárias de forma a minimizar os impactos ambientais. A construção civil é uma grande geradora de resíduos. No Brasil, cujos processos construtivos são essencialmente manuais e executados em canteiros de obras, os resíduos de construção e demolição são potencialmente degradadores do meio ambiente, causando problemas logísticos e prejuízos financeiros. O gerenciamento desses resíduos tem por objetivo asseverar a gestão dos resíduos durante as atividades de execução de obras e serviços de engenharia, consolidando estratégias de não geração, minimização, reutilização, reciclagem e descarte adequado dos resíduos sólidos, primando por metodologias de redução da geração na fonte (NAGALLI, 2014).

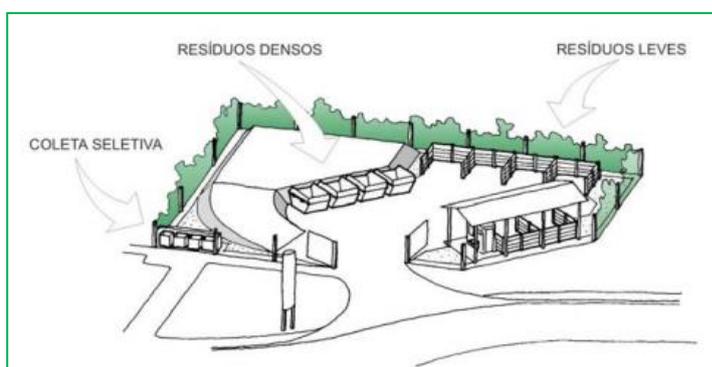
Para Mattosinho & Pionório (2009), a minimização de resíduos na fonte, foco da P+L, deve ser a principal alternativa a ser implementada na ICC, devido a sua ação preventiva e a possibilidade de reduzir os custos da produção, é possível otimizar o consumo de insumos e matéria-prima. A P+L visa fornecer diretrizes para a busca de soluções dos problemas e limitações na construção civil, pois possibilita potencializar a eficácia de ações direcionadas a mitigação dos resíduos na fonte, atendendo exigências legais, bem como a percepção dos consumidores.

O consumo demasiado de recursos naturais na construção civil é devido, na maioria das vezes, à baixa produtividade em função da falta de planejamento da obra, ineficiência na gestão de recursos e matéria-prima, alteração do projeto arquitetônico, tecnologia inadequada; falta de capacitação e treinamento dos funcionários (RIOS *et al.* 2007). Os resíduos gerados pela ICC originam-se dos desperdícios do processo produtivo, considerando fatores como: insuficiência de definição de projetos; ausência de qualidade nos materiais e componentes; falta de procedimentos e mecanismos de controle de execução, entre os quais, perda na estocagem e transporte, recuperação geométrica, nivelamento e planicidade (PINTO, 1999 *apud* MATTOSINHO & PIONÓRIO, 2009).

A gestão integrada estabelece um conjunto de ações voltadas para a busca de soluções dos resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, sob a premissa do desenvolvimento sustentável (CONAMA, 2002). As

soluções para a gestão dos resíduos da construção civil devem ser viabilizadas de modo a integrar o órgão público municipal, responsável pelo controle e fiscalização; os geradores de resíduos, responsáveis pela disposição final dos resíduos, e, transportadores, responsáveis pela destinação licenciada dos resíduos (PINTO, 2005).

Cabe aos municípios, de acordo com o artigo 6º da Resolução nº 307 do CONAMA, a solução para pequenos volumes, geralmente mal dispostos, e o disciplinamento dos geradores no manejo dos grandes volumes de resíduos, determinando que, a nível local, sejam definidas e licenciadas áreas para manejo dos resíduos, conforme figura 1, em conformidade com a resolução, estabelecendo diretrizes técnicas de responsabilidades dos geradores e cadastrando os transportadores dos resíduos, integrando ações para o Projeto de Gerenciamento de Resíduos da Construção Civil (PINTO & GONZÁLES, 2005).



Fonte: Adaptado de Pinto & Gonzáles (2005)

Figura 1-Projeto de áreas para manejo dos resíduos

## 2.4 Madeira na construção civil

Nossos ancestrais, há milhares de anos, descobriram a possibilidade de transpor obstáculos, cujos mecanismos consistiam em troncos de árvores apoiados nas bordas dos vãos (CALIL JUNIOR *et al.*, 2012). O emprego da madeira na produção de ferramentas e na execução de construções ocorreu deste o período paleolítico, com registros de sua utilização pelo *Homo Erectus* que desenvolveu técnicas de entalhe para produção de machados (NAVARRO, 2006). Ao longo da história, as técnicas de uso e manipulação foram se desenvolvendo, resultando em um grande *mix* de produtos, sistemas construtivos e aplicações (SHIGUE, 2018). “A madeira é, provavelmente, o material de construção mais antigo dado a sua disponibilidade na natureza e sua relativa facilidade de manuseio” (PFEIL & PFEIL, 2015, p. 1).

As florestas ocupam hoje uma área de aproximadamente de 4027 milhões de hectares em todo o mundo, cerca de 30% da área de terra (CACHIM, 2014). A Amazônia brasileira abriga mais de 356 milhões de hectares de floresta natural, correspondendo a 84.7% do volume total de madeira nativa dos biomas do país, conforme informações do Serviço Florestal Brasileiro (ADEODATO *et al.* 2011). Segundo estimativas, o índice de ilegalidade da produção madeireira da região amazônica está entre 43% e 80%, proveniente de áreas desmatadas ou exploradas de forma predatória e insustentável; contudo, na Amazônia Legal, 80% dos imóveis situados em áreas de floresta, devem permanecer com a cobertura nativa e original, denominada Reserva Legal (ZENID, 2009). O Brasil é um país florestal com aproximadamente 60,7% de florestas naturais e plantadas. A Amazônia brasileira é uma das principais regiões produtoras de madeira tropical do mundo (SFB, 2010). Embora tratando-se de um dos poucos materiais renováveis, a maior parte da extração da madeira é feita de maneira não

sustentável; estima-se que entre 26% e 50% da madeira extraída no mundo, seja consumida como material de construção (JOHN, 2000). “[...] a indústria da construção civil consome cerca de 66% da madeira produzida, sendo que a maioria de produto não provém de florestas ambientalmente manejadas (JOHN, 2005 apud PIOVEZAN JUNIOR, 2007, p. 18).

A madeira na construção civil se destaca na aplicação de estruturas de cobertura, construções rurais, cimbramentos de estruturas de concreto, transposição de obstáculos, como passarelas, obras portuárias, etc. (CALIL JR *et al.*, 2012). O emprego da madeira em obras, seja na forma de elementos temporários (fôrmas, escoramentos e andaimes), seja na forma de elementos definitivos (coberturas, pisos e acabamentos), gera grande quantidade de resíduos, considerando que, todos os elementos temporários serão descartados (NAGALLI *et al.*, 2013).

Os resíduos de madeira representam cerca de 31% do volume de resíduo de construção em uma edificação residencial multifamiliar e, especificamente na fase de execução estrutural, podem atingir 42% dos resíduos gerados durante o processo construtivo (MIRANDA *et al.* 2009).

O conteúdo energético alto do resíduo de madeira viabiliza a utilização como combustível para geração de energia térmica, com significativa redução de volume dos resíduos depois de incinerados. Contudo, na queima da madeira, são liberados gases como o gás carbônico (CO<sub>2</sub>) e óxido de nitrogênio (NO<sub>x</sub>), os quais são poluentes atmosféricos (SILVA *et al.* 2016).

Os resíduos de madeira não devem ser aterrados, pois sua decomposição sem oxigênio gera gás metano, ainda mais nocivo que o CO<sub>2</sub> em se tratando de efeitos relacionados às mudanças climáticas (SINDUSCON, 2015). A figura 2 representa a destinação dos resíduos de madeira gerados nas obras.



Fonte: Adaptado de SINDUSCON/SP (2015)

Figura 2-Organograma dos resíduos de madeira

Os resíduos de madeira gerados nas obras são concentrados em áreas de transbordo e triagem (ATT) que os distribuem para as empresas recicladoras, produzindo cavacos como combustíveis; também, como em um processo de logística reversa, podem ser utilizados como matéria-prima para a fabricação de painéis de madeira industrializada para a construção civil (SINDUSCON, 2015).

### 3. Metodologia

A pesquisa está delineada com base na organização de três parâmetros: abordagem dos dados, tipo de objetivos e procedimento técnico. Quanto à abordagem, a pesquisa é caracterizada como qualitativa e quantitativa; sobre o tipo de objetivos, a pesquisa é

exploratória e, quanto aos procedimentos técnicos, o estudo integra a pesquisa bibliográfica e dois levantamentos de campo (*surveys*).

A primeira etapa da pesquisa, denominada levantamento de campo A, iniciou em fevereiro/2019 e finalizou em agosto/2019, período no qual foram visitados 26 canteiros de obras residenciais unifamiliares e multifamiliares da cidade de Brusque/SC, com o objetivo de verificar qual a destinação dos resíduos de madeira do gênero *pinus*, utilizados de maneira provisória como fôrma de caixaria para estruturas de concreto armado, travamentos e cimbramentos; durante a abordagem ao mestre de obras ou encarregado da obra no momento da visita técnica, foi explicitado o objetivo da pesquisa e anotado qual a disposição ou encaminhamento dado à madeira residual, por meio de uma ficha técnica para registros *in situ* das informações levantadas.

Na segunda etapa da pesquisa, denominada levantamento de campo B, foi analisado o consumo mensal médio da madeira de caixaria do gênero *pinus*, comercializada em 35 lojas de materiais de construção na cidade de Brusque/SC, que representavam um conjunto de 100% da amostragem, durante o período de 06 de maio de 2019 a 01 de julho de 2019, com o objetivo de quantificar o consumo mensal médio comercializado na cidade, definindo como referência os meses de fevereiro/2019, março/2019 e abril/2019; de forma metodológica, foi argumentado ao gerente das lojas o intuito da pesquisa, explicando o preenchimento da ficha técnica para anotações métricas dos valores mensais vendidos e agendando o recolhimento do documento (ficha técnica) para a semana seguinte. O consumo mensal médio foi determinado pelo quociente da média aritmética, somando o consumo parcial dos três meses analisados e fracionando o valor total por 3 (três).

#### 4. Análise dos Resultados

No levantamento de campo A foi coletado informações referente a disposição da madeira de caixaria de *pinus*, utilizada de forma temporária na construção civil, cuja tipologia compreendeu a aplicação em obras residenciais unifamiliares e multifamiliares. Após a visita técnica em 26 canteiros de obras, foi verificado o descarte da madeira como lenha para fornos de estabelecimentos comerciais, entulho depositado em caçambas estacionárias e cavaco para biomassa.

No levantamento de campo B, foi avaliado o consumo médio mensal de madeira de caixaria do gênero *pinus*, comercializado em 35 lojas de materiais de construção da cidade de Brusque/SC; do total de 35 lojas pesquisadas, obteve-se a seguinte distribuição: 21 lojas comercializavam a madeira do gênero *pinus*, 5 lojas não comercializavam a madeira, 5 lojas não forneceram informações e 4 lojas se encontravam fechadas.

#### 5. Resultados e Discussões

No levantamento de campo A, verificou-se que em 30,77% das obras, a madeira é destinada para a lenha como combustível para geração de energia térmica. No processo de queima da madeira há a liberação de gases poluentes atmosféricos como CO e CO<sub>2</sub>, inclusive NO<sub>x</sub>, nos casos de queima da madeira com contaminantes, como colas, graxas, tintas, plásticos, entre outros, além de fuligem, ou seja, não sendo o mais apropriado.

A madeira depositada em caçambas estacionárias de entulho para posterior destinação em lixões ou aterros sanitários, que representou 32,7% do total, constitui-se de crime ambiental, pois não tem amparo legal conforme preconiza as orientações da Resolução 307

do Conama, além do que, a decomposição sem presença de oxigênio produz gás metano, potencialmente mais danoso que o CO<sub>2</sub>, considerando os efeitos relacionados aos gases do efeito estufa.

A coleta seletiva da madeira em canteiro de obras e destinada à produção de cavaco, com 36,53% das ocorrências pesquisadas, representou uma das disposições mais sustentáveis dos resíduos de madeira, agregando no processo de triagem, a trituração de todo o material e a separação dos pregos por imantação. O cavaco, com diâmetro variável até 50 mm, permite a condição de melhoria do controle da umidade e aumenta a eficiência térmica das caldeiras, caracterizando ganhos econômico e ambiental. No conjunto das empresas construtoras pesquisadas, todas responderam que sustentam a prática do reaproveitamento dos cortes maiores para aplicação em outras etapas construtivas da própria obra ou em obras subsequentes.

No levantamento de campo B, a partir da análise da coleta de dados avaliados em 21 lojas que forneceram as informações requisitadas, foi computado o consumo médio referente aos meses de fevereiro/2019, março/2019 e abril/2019, cujo valor mensal médio foi avaliado em 2309,85 dúzias de madeira de caixaria do gênero *pinus*, equivalente a 415,77 m<sup>3</sup> de madeira. A condição de uso temporário na qual se destina a madeira de *pinus*, como a utilizado em fôrmas para estruturas de concreto, por exemplo, nos permite afirmar que em algum momento, após reaproveitamento dos cortes maiores, todo este volume será descartado. Assim, considerando a bibliografia pesquisada, constata-se que apenas 50% da madeira extraída é transformada em produto final, ou seja, há um desperdício de 50% no processo; sendo assim, são necessários aproximadamente 623,65 m<sup>3</sup> de madeira para atendimento da atual demanda, ou seja, se considerarmos uma árvore de 30 cm de diâmetro e altura do tronco de 6 m, é necessário a quantidade de 1470 árvores mensais.

## 6. Conclusão

O setor da construção civil necessita rever seus processos de produção, cujo consumo ambiental é caracterizado por um exacerbado desperdício de materiais, em total descompasso com políticas ambientais promovedoras do desenvolvimento sustentável em prol dos recursos naturais. A inserção de estratégias de aprendizagem profissionalizante podem integrar ações disruptivas a fim de agregar novos saberes e quebrar a resistência imposta pela mão de obra produtiva, parâmetros imperativos para uma modificação estruturante capaz de propiciar um novo paradigma ecológico.

Na concepção de agir localmente, a criação de áreas de triagem e transbordo (ATT) por parte dos governos municipais e já preconizada pela Resolução 307 do Conama, representa uma ação efetiva que disponibiliza para a população a oportunidade de criar uma cultura com a percepção de viés ecológico e sustentável, evitando o descarte irregular da madeira em vias públicas, queima irregular, contaminação em áreas de preservação ambiental ou em terrenos sem benfeitorias, atribuindo o correto destino seletivo dos materiais ali depositados.

A destinação da madeira como lenha não pode ser considerada como um processo sustentável por si só, e está longe de ser ambientalmente correto, pois a generalização das dimensões não estimula a reciclagem de pedaços de madeira maiores, o que prolongaria o ciclo de vida do material em outros processos construtivos. A queima da lenha da madeira em fornos convencionais de estabelecimentos comerciais só se justifica quando não há nenhuma outra alternativa plausível. A coleta seletiva direcionada para a produção de

cavaco proporciona a consciência de triagem na própria obra, e a transformação da madeira, inicialmente residual, em um novo produto em outra indústria, fortalecendo a prática da simbiose industrial, processo que valoriza a sobre de materiais, diminuindo a exploração dos recursos naturais.

Os profissionais técnicos que atendem pelas atividades na construção civil necessitam atribuir aderência por princípios ambientais aos processos construtivos e na prática executada pela mão de obra produtiva, que está à parte da atual demanda por práticas sustentáveis, adotando medidas preventivas que evitem o desperdício da madeira, como utilizar as peças de acordo com o projeto e com o planejamento da obra, especificar em plantas técnicas o reuso das peças mais de uma vez, evitando cortes desnecessários.

A Indústria da Construção Civil face ao relativismo como trata indistintamente todos os resíduos gerados na cadeia produtiva, necessita desconstruir a atual matriz operacional baseada no consumo de recursos não renováveis a partir de uma visão sistêmica, implementando a execução de projetos cuja exigência de sustentabilidade ambiental seja norteadada pelo incremento de materiais com viés residual. A prática fim de tubo incorporada nos atuais processos artesanais conclui-se estar em total descompasso com a relevância da gestão ambiental potencializada pela Produção mais Limpa.

#### Referências

ADEODATO, Sergio; VILLELA, Malu; BETIOL, Luciana Stocco, MONZONI, Mario. **Madeira de ponta a ponta: o caminho desde a floresta até o consumo**. São Paulo: FGV RAE, 2011.

AGOPYAN, Vahan; JOHN, Vanderlei Moacyr John. **O desafio da sustentabilidade na construção civil: volume 5**. José Goldemberg, coordenador. São Paulo: Blucher, 2011.

ARAUJO, Alexandre Feller de. **A aplicação da metodologia de produção mais limpa: estudo em uma empresa do setor de construção civil**. Florianópolis, 121 p., 2002. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE EMPRESAS DE LIMPEZA PÚBLICA E RESÍDUOS ESPECIAIS - ABRELPE. Panorama dos resíduos sólidos no Brasil 2017. Disponível em: <http://www.abrelpe.org.br/panorama>. Acesso em: 24 mar. 2019

BAPTISTA JUNIOR, Joel Vieira; ROMANEL, Celso. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. **Revista Brasileira de Gestão Urbana**, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 27-37, jul./dez. 2013.

BERNSTEIN, Lenny, et al. **Industry. In Climate Change 2007: Mitigation**. NY, USA, 2007.

BOHANA, Mirela Carvalho Ribeiro, et al. Redução dos resíduos da construção civil: uma tendência para as novas construções. In: CONGRESSO BAHIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 4., 2016, Cruz das Almas. **Anais...** Cruz das Almas: UFOB, 2016. p. 1-6.

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

CACHIM, Paulo Barreto. **Construção em madeira: a madeira como material de construção**. 2. ed. Porto: Engebook, 2014.

CALIL JUNIOR, Carlito; MOLINA, Julio Cesar; SEGUNDINHO, Pedro Gutemberg de Alcântara; KIMURA, Erica Fernanda Aiko. **Manual de projeto e construção de passarelas com estruturas de madeira**. São Paulo: Pini, 2012.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. **Resolução n° 307**, de 5 de julho de 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama>. Acesso em: 04 ago. 2019.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2017.

- FERNANDEZ, J. L. Borja, et al. Fernanda. Resíduos sólidos da indústria da construção civil: contribuições, ameaças e possibilidades para um crescimento igualitário nas cidades. In: SEMANA DE MOBILIZAÇÃO CIENTÍFICA: DIREITOS HUMANOS, ÉTICA E DIGNIDADE, 18., 2015, Salvador. **Anais...** Salvador: UCSAL, 2015. p. XX
- GOMES, Danielle Leal Barros; DE SÁ MAGALHÃES, Vitória Barros. Análise de aspectos e impactos ambientais causados pela construção civil. In: CONGRESSO NACIONAL DE PESQUISA E ENSINO EM CIÊNCIAS, 3., 2018, Campina Grande. **Anais...** Campina Grande: UECE, 2018. p. 1-11.
- ISAIA, Geraldo Cechella. **Materiais de construção civil e princípios de ciência e engenharia de materiais**. 3. ed. São Paulo: Ibracon, 2017.
- JOHN, Vanderley Moacyr. **Materiais de construção e o meio ambiente**. São Paulo: Ibracon, 2017.
- JOHN, Vanderley Moacyr. **Reciclagem de resíduos na construção civil: contribuição à metodologia de pesquisa e desenvolvimento**. 2000. Tese (Livre Docência) - Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2000.
- JOHN, Vanderley Moacyr. AGOPYAN, Vahan. Reciclagem de resíduos da construção. **Anais...** São Paulo: Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Cetesb, 2000.
- KARPINSK, Luisete Andreis et al. **Gestão diferenciada de resíduos da construção civil: uma abordagem ambiental**. Porto Alegre: EdIPUCRS, 2009.
- LARUCCIA, Mauro Maia. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. **Revista Eniac**. Guarulhos, v. 3, n. 1, p. 69-84, 2014.
- LINTZ, R. C. C., et al. Estudo do reaproveitamento de resíduos de construção em concretos em concretos empregados na fabricação de blocos. **Revista IBRACON de Estruturas e Materiais**, v. 5, n. 2, p. 174-181, 2012.
- MARQUES NETO, Jose da Costa. **Gestão dos Resíduos de construção e demolição no Brasil**. São Carlos: Livraria Rima Editora, 2005.
- MATTOSINHO, Cynthia; PIONÓRIO, Poliana. Aplicação da produção mais limpa na construção civil: uma proposta de minimização de resíduos na fonte. In: International Workshop Advances in Cleaner Production, 2, São Paulo. **Anais...** São Paulo, 2009. p. 1-9.
- MIRANDA, Leonardo Fagundes Rosembach; ANGULO, Sérgio Cirelli; CARELI, Élcio Duduchi. **A reciclagem de resíduos de construção e demolição no Brasil: 1986-2008**. Ambiente Construído, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 57-71, jan./mar. 2009.
- MOURA, Romero Marinho de. Rachel Carson e os agrotóxicos 45 anos após primavera silenciosa. **Academia Pernambucana de Ciência Agrônômica**, Recife, v. 5, n. 6, p. 44-52, 2009.
- MÜLLER, N.; HARNISH, J. **A blueprint for a climate friendly cement industry**. Gland: WWF Lafarge Conservation Partnership, 2008, 94p. (WWF-Lafarge Conservation Partnership Report).
- MUNHOZ, Fabiana Costa. **Utilização do gesso para fabricação de artefatos alternativos, no contexto de produção mais limpa**. 2008. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2008.
- NAGALI, André. **Gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil**. São Paulo: Oficina de Textos, 2014.
- NAGALI, Andre; LOPES, Fernanda Polonio; PEREIRA, Piera Marinho; HAMAYA, Rafaela Miyuki. Resíduos de madeira na construção: oportunidade ou perigo? **Téchne**, São Paulo, v. 21, n. 196, p. 56-58, 2013.
- NASCIMENTO, Luis Felipe. Gestão ambiental e sustentabilidade. **Florianópolis: Departamento de Ciências da Administração/UFSC**, 148 p., [Brasília]: Capes: UAB, 2012.
- NAVARRO, R. F. A evolução dos materiais. Parte 1: da pré-história ao início da era moderna. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v. 1, n. 1, p. 01-11, 2006.
- OCHOA, Luis; HENDRICKSON, Chris; MATHEWS, H. Scott. Economic input-output life-cycle assessment of U.S. residential buildings. **Journal of Infrastructure Systems**, Delaware, v. 8, n. 4, p. 132-138, 2002.
- OLIVEIRA FILHO, Francisco Adones de. **Aplicação do conceito de produção limpa: estudo em uma empresa metalúrgica do setor de transformação do alumínio**. 2001. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis, 2001.
- OLIVEIRA, Leandro Dias de. Da Eco-92 à Rio + 20: uma breve avaliação de duas décadas. **Boletim Campineiro de Geografia**. Campinas, v. 2, n. 3, p. 479-499, 2012.

PASSUELLO, Ana Carolina Badalotti *et al.* Aplicação da Avaliação do Ciclo de Vida na Análise de Impactos Ambientais de Materiais de Construção Inovadores: estudo de caso da pegada de carbono de clínqueres alternativos. **Revista Ambiente Construído**, Porto Alegre, RS, v. 14, n. 4, p. 7-20, out. dez., 2014.

PEREIRA, Graciane Regina; SANT'ANNA, Fernando Soares Pinto. **Produção mais limpa no Brasil: subsídios para implantação**. 1ª. ed. - Curitiba: Appris, 2018.

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de madeira**. 6. ed. rev. Rio de Janeiro: LTC, 2015.

PINTO, Tarcísio de Paula. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil: a experiência do Sinduscon-SP**. São Paulo: Obra Limpa: I&T: Sinduscon-SP, 2005.

PINTO, Tarcísio de Paula; GONZÁLES, Juan Luís Rodrigo. **Manejo e gestão de resíduos da construção civil**. Brasília: Caixa, 2005.

PIOVEZAN JUNIOR, Gilson Tadeu Amaral. **Avaliação dos resíduos da construção civil (RCC) gerados no município de Santa Maria**. Santa Maria, 2006. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria.

RIBEIRO, Daniel Vêras; MORELLI, Márcio Raymundo. **Resíduos sólidos: problema ou oportunidade?**. Rio de Janeiro: Interciência, 2009.

RIOS, Fabio Remy de Assunção. **Conjuntura atual da gestão de resíduos da construção civil**. Campina Grande, 46 p., 2006. Monografia (Especialista) - Universidade Estadual da Paraíba.

ROSA, T. da S. et al. A educação ambiental como estratégia para a redução de riscos socioambientais. **Ambiente & Sociedade. São Paulo**, v. 18, n. 3, p. 211-230, 2015.

SANTOS, Fladimir Fernandes dos, et al. Adequação dos municípios do estado do Rio Grande do Sul à legislação de gestão de resíduos da construção civil. **Revista Iberoamerica de Engenharia Industrial**, Florianópolis, SC, Brasil, v. 4, n. 8, p. 1-18, 2012.

SANTOS, Maria Fernanda Nóbrega dos, et al. Importância da avaliação do ciclo de vida na análise de produtos: possíveis aplicações na construção civil. **GEPROS Gestão da Produção, Operações e Sistemas**. Bauru, v. 6, n. 2, p. 57-73, 2010.

SCHNEIDER, Dan Moche; PHILIPPI JR, Arlindo. Gestão pública de resíduos da construção civil no município de São Paulo. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 4, n. 4, p. 21-32, 2004.

Serviço Florestal Brasileiro. **Floretas do Brasil em resumo - 2010: dados de 2005 - 2010**. Brasília: SFB, 2010.

SHIGUE, Erich Kazuo. Panorama do uso da madeira na construção civil no Brasil: empresas e produtos. *In: XVI EBRAMEM*, 2018, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 2018, p. 1-17.

SILVA, Nathália Enéas Gomes, et al. Resíduos de madeira produzidos na construção civil. **Cadernos de Graduação - Ciências Exatas e Tecnológicas, Maceió**, v. 3, n. 3, p. 207-214, nov. 2016.

SILVA FILHO, Júlio Cezar Gomes; SICSÚ, Abraham Benzaquem. Produção mais Limpa: uma ferramenta da Gestão Ambiental aplicada às empresas nacionais. *In: XXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção*, 2003, Ouro Preto. **Anais [...]**. Minas Gerais: UFPE, p. 1-8, 2003.

SINDUSCON-SP. **Gestão ambiental de resíduos da construção civil - avanços institucionais e melhorias técnicas**. São Paulo: SindusCon-SP, 2015.

SOUZA, Anna Freitas Portela de. **A sustentabilidade no uso da madeira de floresta plantada na construção civil**. 2010. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2010.

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. **Como reduzir perdas nos canteiros: manual de gestão do consumo de materiais na construção**. São Paulo: Pini, 2005.

TOSCANO, Fernando. História geral: a revolução industrial. **Portal Brasil**. Disponível em: [http://www.portalbrasil.net/historiageral\\_revolucaoindustrial.htm](http://www.portalbrasil.net/historiageral_revolucaoindustrial.htm). Acesso em 02 abr. 2019.

WORLDWATCH INSTITUTE. Estado do mundo 2013: **A sustentabilidade ainda é possível ?** Salvador: UMA Editora, 2013.

ZENID, Jose Geraldo. **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2. ed. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas: SVMA, 2009.