

# REAPROVEITAMENTO DO RESÍDUO PÓ DE SERRA NA CONSTRUÇÃO CIVIL. APLICAÇÃO EM ENCHIMENTO DE LAJES PRÉ-FABRICADAS.

Amanda Natasha Rossato Barutti (UTFPR) E-mail: silviasossai@hotmail.com  
João Vitor Pires de Araújo  
Sílvia Paula Sossai Altoé

**RESUMO:** Atualmente a população vem pensando mais sobre a preservação do meio ambiente, e a Engenharia Civil é um dos maiores causadores de problemas ambientais, porém também pode ser uma alternativa para ajudar com certos problemas, como por exemplo a destinação de resíduos indesejáveis. O resíduo abordado neste presente trabalho é o pó de serra, gerado pela indústria moveleira, que utiliza a madeira como matéria-prima, porém não possui alternativas de reutilização dos resíduos resultantes. Será feito o estudo sobre a viabilidade da reciclagem deste material dentro da construção civil, sendo aplicado como uma nova matéria-prima, substituindo o agregado miúdo, levando em conta aspectos como resistência mecânica e térmica, peso e enquadramento nas normas existentes.

**Palavras chaves:** resíduos de madeira, reaproveitamento de resíduos, setor moveleiro.

**ABSTRACT:** Currently the population is thinking more about the environment's preservation, the Civil Engineering is one of the most environment's troublemaker, but can also be an alternative to help some problems, like, for example, the destination of undesirable waste. The waste approached in this work is the sawblade, generated by furniture industry, that uses the Wood like raw material, but don't have alternatives of reutilization of the resulting waste. It Will be done the study of the recycling viability of this material inside de civil construction, been applied like a new raw material, replacing the small added, taking into account aspects like mechanical and thermal resistance, weight and compliance with the existing rules.

**Keywords:** wood's waste, waste reuse, furniture sector.

## 1. INTRODUÇÃO

O setor moveleiro brasileiro consome intensamente a madeira maciça ou chapas de madeira, que vem de uma matéria prima com potencial renovável, e gera um grande índice de resíduos. Em sua maioria é composto por empresas de pequeno e médio porte, utilizando de técnicas que não passaram por uma análise de gerenciamento que visa a destinação do resíduo gerado, além da incineração ou descarte final (geralmente em rios), causando assim um grande impacto ambiental.

O setor moveleiro é composto por cerca de 17 mil empresas, espalhados principalmente em 11 polos nas regiões Sul e Sudeste do país. Na outra ponta do país, se encontram cerca de 2.500 madeireiras na região amazônica. Em ambos os cenários, existe um grande volume de madeira processada e em todos os processos há a geração de resíduos sólidos de madeira.

De acordo com o IBAMA cerca de 30-60% das árvores são aproveitadas nas madeiras, o que acarreta em uma alta geração de resíduo e grande desperdício de matéria-prima. Esse resíduo provém de diversos processos de transformação da matéria-prima, que é uma substância complexa devido á diferentes tipos de espécies. Geralmente a madeira é composta por celulose, polioses, lignina e algumas outras substâncias encontradas em quantidades menores, mas ainda assim, significativa para a propriedade da madeira.

Nesse estudo será visado principalmente a destinação desse resíduo dentro da Construção Civil. Atualmente essa área da Engenharia Civil é destaque pela geração de serviços e movimentação da economia, porém é inevitável negar os impactos ambientais causados pela mesma. Porém,

vem se mostrando uma grande possibilidade de destinação de diversos tipos de resíduos, pois acaba acarretando em economia na aquisição de nova matéria-prima e minimiza a poluição causada.

O pó de serra pode ser utilizado como agregado miúdo em blocos de concreto e argamassas. Essa alternativa de descarte do resíduo é a mais viável economicamente e ambientalmente.

O objetivo principal deste trabalho é analisar a empregabilidade do resíduo pó de serra como agregado miúdo na fabricação de blocos de enchimentos de lajes pré-moldadas.

O reaproveitamento de resíduos sólidos conta com inventivo legislativo, com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), que é instituída pela Lei nº 12.305/10, que possui ferramentas que buscam o avanço na luta dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos provenientes do manejo inadequado dos resíduos sólidos.

Quando se fala em reutilizar o pó da madeira, material que está cada dia mais ameaçado, como matéria-prima em outro setor de produção, pode-se abordar o termo Eco-Design.

O Eco-Design leva em consideração os seguintes quesitos:

- Redução do uso de recursos naturais;
- Redução de resíduos;
- Planejar o final da vida útil dos produtos e materiais;

Com isso vê-se que é necessário pensar no processo do início ao fim, quando o intuito é minimizar os danos ambientais. Inicialmente pensa-se no fluxo de produção, onde deve-se pensar que o planeta é o principal fornecedor, ainda mais no caso da indústria madeireira e da construção civil. Pensando nos impactos futuros, o indicado seria a aplicação de tecnologias que buscam uma prevenção ou um melhor gerenciamento da poluição resultante, pensando ainda em processos de reciclagem e reutilização. Tais processos de reciclagem e reutilização visam agregar valor e recuperar produtos que seriam inicialmente descartados.

Além das vantagens ecológicas, estudos mostram que a utilização do pó de serra em blocos de concreto e material de enchimento das pré-lajes pode vir a baratear o custo da obra, já que podem substituir parcialmente ou totalmente o agregado miúdo.

Os resíduos sólidos podem ser classificados de três maneiras:

- Resíduo classe I: perigosos (inflamáveis, corrosivos, reativo, tóxico, patogênico);
- Resíduos classe II: não inertes (combustibilidade, biodegradabilidade, solubilidade em água);
- Resíduos classe III: inertes;

De acordo com a norma NBR-10004 (ABNT, 1987) os resíduos de madeira são pertencentes à classe II.

De acordo com HÜEBLIN (2000.p.130), a região Sul, sozinha, gerou cerca de 2,1 milhões de m<sup>3</sup> de resíduos no ano de 1990. Em contrapartida, a produção de produtos sólidos de madeira foi de 4,6 milhões de m<sup>3</sup>.

Atualmente, uma serraria de médio porte (produz 2000 m<sup>3</sup> de madeira serrada por mês) gera até 78 toneladas de serragem. No cenário nacional a produção chega a 620 000 toneladas por ano. Somente em Arapongas, um dos maiores polos moveleiros do país, a produção de resíduos sólidos de madeira chega a 350 toneladas por dia.

Os altos números de perda de material e geração de resíduos são causados tanto pela baixa qualidade da matéria-prima, quanto pela falta de conhecimento básico das propriedades físicas, mecânicas e organolépticas da madeira, além da aplicação de tecnologias inadequadas para o seu processamento e falhas no gerenciamento da produção.

A indústria moveleira gera diversos tipos de resíduo de madeira:

- Resíduos de pequenas dimensões: pó de serra e maravalha;
- Resíduos de grandes dimensões: pontas de peças de seção circular e costaneiras;

O resíduo de pequenas dimensões é o de interesse no presente trabalho, e, na teoria, é destinado aos aviários, para ser usado como cama de forração, ou é queimado em fornos (principalmente em olarias) ou como lenha (nas propriedades rurais), ou ainda usado como serragem para criação de gado ou para adubação. Com isso conclui-se que a maior parte das empresas moveleiras realiza a venda do resíduo para terceiros.

Porém nem sempre é viável, dependendo da localização da indústria e de seus possíveis compradores de resíduos. Com isso, na prática observa-se empresas fazendo descarte incorreto, infringindo leis ambientais, ou encontrando alternativas altamente inviáveis.

Por se tratar de um material orgânico, caracterizado por fibras vegetais, o resíduo em si, não tem uma utilização direta dentro da construção civil. Onde se utiliza muito é em caldeiras, forro de granja e até como adubo.

As pesquisas quanto a utilização do resíduo na construção civil é bem recente e um uso bem limitado, restringindo-se a blocos de concreto não estruturais.

Uma das pesquisas mais completas, quanto ao uso deste resíduo foi feita na UNICAMP (Universidade Estadual de Campinas), por Flavio Pedrosa Dantas Filho, que verificou quanto a utilização do resíduo em blocos de concreto não estrutural e em preenchimento de lajes pré-fabricada.

Como o resíduo se trata de um material orgânico, com fibras vegetais, foi necessário alcalinizar o resíduo por meio de um banho com água e cal em proporções distintas. Após estudo granulométrico, caracterizou o resíduo como agregado miúdo e determinou-se 4 traços específicos para a confecção das peças.

Teve uma surpresa quanto a relação água/cimento, visto que o pó de serra absorve muito mais água do que a areia, e esta relação aumentava, conforme se aumentava o volume de pó de serra utilizado.

Embora, a resistência das peças seja menor, se comparados aos de mercado, as resistências estavam dentro do que estipula a ABNT e se mostravam como bons isolantes térmicos e acústicos, bem como sendo mais leves que as peças do mercado.

## **2. MATERIAIS E MÉTODOS**

### **2.1. Materiais**

#### *2.1.1 AGLOMERANTE*

O cimento utilizado nesta pesquisa foi o “Votoran Todas as Obras”, da marca Votorantin, cimento com secagem rápida e alta resistência, que atende as normas das classes: CP II E 32, CP II E 32 RS, CP II F 32, CP II Z 32, CP II Z 32 RS, CP III 40 RS, CP IV 32.

#### *2.1.2 PÓ DE SERRA*

O material foi coletado na empresa Araplik, artefatos de madeira (KOHARA & CIA LTDA). Empresa de médio porte, localizada em Arapongas – PR, que trabalha com compensados de MDP e MDF, e com chapas de madeira natural. O pó de serra coletado é proveniente do corte das chapas de madeira Pinus (*Pinus elliottii*), produtiva utilizado na fabricação de móveis da classe A da empresa.

### 2.1.3 ÁGUA

Para o amassamento do concreto foi adicionada à mistura água potável. No dia da confecção das lajotas alguns blocos do campus Apucarana da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, estavam sendo abastecidos por caminhões pipas da Companhia de Saneamento do Paraná – SANEPAR, então a água utilizada na confecção das lajotas é uma mistura do poço artesiano da universidade e o fornecido pela SANEPAR.

## 2.2 Métodos

O objetivo principal deste trabalho é substituir totalmente o agregado miúdo (areia) por pó de serra na execução de blocos de enchimento de lajes. Busca-se atingir números de resistência que se enquadrem na norma e observar certas vantagens, como por exemplo um peso menor e melhoras no quesito isolamento térmico.

Para a análise da eficácia da aplicação do pó de serra foram realizados dois tipos de experimentos, sendo o primeiro com o pó de serra alcalizado, e o segundo não.

### 2.2.1. PÓ DE SERRA ALCALINIZADO

A etapa inicial teve início com o peneiramento do resíduo pela peneira de 1,2 mm, que permite a passagem apenas de agregados miúdos, nesse caso mais especificamente da areia média, que de acordo com a ABNT tem seu limite de fração de 0,3 mm a 1,2 mm, conforme a Figura 1.



Figura 1. Peneiramento do Resíduo

O resíduo que não passou pela peneira foi descartado. E o peso da parte passante foi de aproximadamente 2,2 kg, os aspectos do resíduo pode ser visto na Figura 2.



Figura 2. Resíduo Peneirado

Posteriormente foi realizada a alcalinização do resíduo, que consiste no processo de adição de água e cal, conforme pode ser visto na Figura 3. Para cada quilograma de pó de serra foi adicionado 10 litros de água e 20 gramas de cal virgem.



Figura 3. Pó de serra em processo de alcalinização

Essa mistura ficou descansando por aproximadamente 48 horas, para que então fosse possível fazer a retirada da água através de um filtro de pano.

Lembrando que tal processo de alcalinização é importante para transformar o resíduo não inerte (madeira) em um resíduo parcialmente inerte, ou que pelo menos reduza a reação na mistura do concreto.

O material que foi filtrado foi colocado num recipiente por uma semana para secagem, porém ainda foi possível observar uma umidade resultante, Figura 4.



Figura 4. Resíduo alcalinizado em processo de secagem

Para determinação do teor de umidade do resíduo, foi coletado amostras do mesmo, pesadas e colocadas em estufa à 110° C até sua secagem, após a secagem foi pesado novamente e obtido o teor de umidade pela fórmula.

$$h = \frac{M_u - M_s}{M_s} * 100 \quad (1)$$

Onde:

$h$  = umidade;

$M_u$  = Massa úmida;

$M_s$  = Massa seca.

Como o pó de serra absorve muito a água, mesmo após uma semana secando, ele ainda se encontrava muito úmido, seu teor de umidade estava na casa de 55%.

Para a realização da massa de concreto a ser enformada, utilizou-se as seguintes proporções em volume: 800 ml de cimento - 900 ml de pó de serra - 350 ml de água.

As 800 ml de cimento correspondem a 1 quilograma e as 900 ml de pó de serra correspondem a 400 gramas de pó de madeira. Lembrando que o resíduo não estava completamente seco, o que altera a quantidade de água necessária neste caso.

Ficando assim com um traço de 1:04, com fator água/cimento de 0,35, sendo que o agregado tinha teor de umidade de 55%, o traço foi determinado em massa, e a pesagem aconteceu como mostrado na Figura 06.



Figura 6. Pesagem para o traço

### 2.2.2. PÓ DE SERRA NÃO ALCALINIZADO

O segundo tipo de teste foi realizado com o pó de serra não alcalinizado. Ou seja, o procedimento consistiu apenas no peneiramento do resíduo. Porém a peneira utilizada neste caso foi a de 4,8 mm, que é a peneira limite de separação de agregados miúdos, correspondendo à areia grossa (de 1,2 mm a 4,8mm).

Utilizou-se a mesma proporção em volume de cimento e resíduo, porém foi necessário aumentar a quantidade de água para 563ml. Mas neste caso as 900 ml de pó de madeira correspondem à aproximadamente 165 gramas (Figura 7). Ficando esta mistura com o traço 1: 0,165 com fator água cimento de 0,563 e agregado totalmente seco.



Figura 7. Pesagem do agregado não alcalinizado seco

### 2.2.3. CONFECÇÃO DAS PEÇAS

Após realizada a mistura, foi feita a massa de concreto e a mesma foi enformada nas formas feitas de MDF (Figuras 9,10 e 11). As formas foram produzidas sem fundo para facilitar a desforma, de forma que a peça tivesse 25 cm de comprimento acrescidos de dois dentes de 1,5 cm, 7 cm de altura e 20 cm de largura.

Esperou-se seis dias para a secagem completa e então foi feito o desforme.



Figura 9. Peças produzidas em processo de secagem



Figura 10. Peça produzida com pó de serra alcalinizado



Figura 11. Peça produzida com pó de serra não alcalinizado

### 2.2.4. MEDIÇÕES DE TEMPERATURA

Para a medição de temperatura, foi construído duas pequenas “casinhas” de alvenaria, dispostas uma ao lado da outra. Em uma delas, foi coberto com lajotas de alvenaria, enquanto na outra foram colocadas as lajotas produzidas (Figura 12)..



Figura 12. “Casinhas” para medição de temperatura

Com o auxílio de um multímetro digital com cabo termossensível, foi medido as temperaturas internas de cada “casinha” bem como a temperatura externa durante 3 dias consecutivos. A medição consistia basicamente em inserir o cabo termossensível no interior da “casinha”, bem próximo as lajotas e esperar o multímetro parar de oscilar, o que demorava em torno de 10 minutos.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Pó de Serra utilizado

Foram utilizados dois processos para a confecção das peças, a fim de verificar a necessidade da alcalinização do pó de serra. Visualmente é possível reparar a diferença entre os dois tipos de peças, já que a que contém o pó de serra que foi alcalinizado possui uma cor mais clara, como mostra a Figura 13.

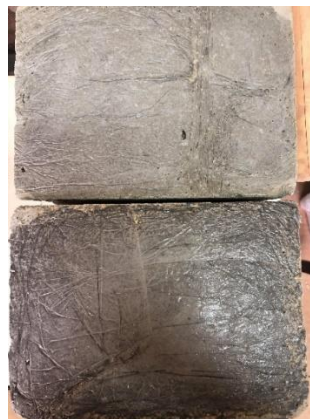


Figura 13. Comparação das duas peças após o desforme

Através do tato observa-se outra diferença. O bloco executado sem o processo de alcalinização ficou com uma textura que remete ao esfrelamento. E ainda é possível observar que o pó de madeira não foi completamente misturado.

#### 3.2 Temperaturas

As temperaturas colhidas nas casinhas foram organizadas nas Tabelas 1, 2 e 3 e transformadas nos gráficos 1, 2 e 3, respectivamente, representando os três dias de medição.



3.2.1. 1º Dia – 21 de Novembro

O primeiro dia de medição, foi caracterizado por um dia quente e abafado com a presença de sol forte o dia todo

Tabela 1: Temperaturas 21 de Novembro

| Dia 21/11/2018         |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|
|                        | 10 h | 14 h | 19h  |
| Laje Tradicional       | 22°C | 25°C | 23°C |
| Laje com Pó de Madeira | 20°C | 21°C | 23°C |
| Ambiente               | 25°C | 28°C | 25°C |

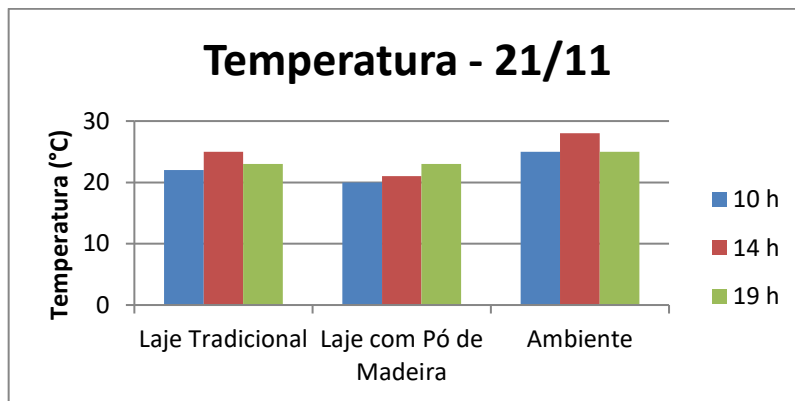


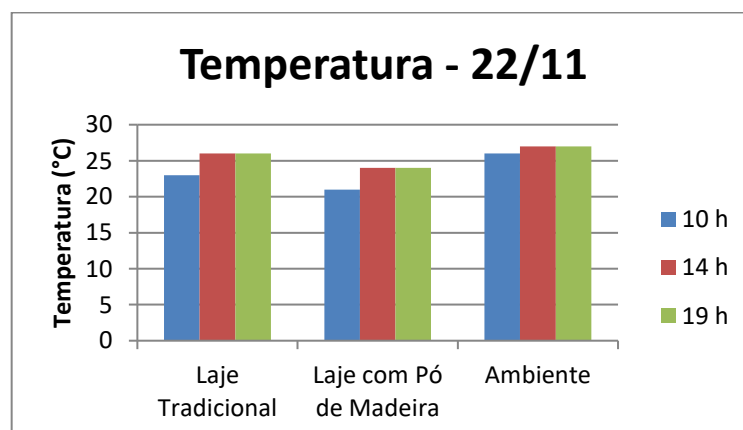
Gráfico 1: Temperaturas 21 de Novembro

3.2.2 2º Dia – 22 de Novembro

O Segundo dia de medições, assim como o primeiro, foi marcado por um dia quente e abafado com sol forte durante o dia todo, no final da tarde o tempo começou a mudar indicando que choveria durante a noite, o que veio a ocorrer no final da noite.

Tabela 2: Temperaturas 22 de Novembro

| Dia 22/11/2018         |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|
|                        | 10 h | 14 h | 19h  |
| Laje Tradicional       | 23°C | 26°C | 26°C |
| Laje com Pó de Madeira | 21°C | 24°C | 24°C |
| Ambiente               | 26°C | 27°C | 27°C |



## Gráfico 2: Temperaturas 22 de Novembro

## 3.2.3 3º Dia – 23 de Novembro

O Terceiro dia de medições, foi marcado por um tempo fechado durante todo o dia, temperaturas amenas, sem nenhum resquício do sol, e leves pancadas de chuvas durante todo o dia.

Tabela 3: Temperaturas 23 de Novembro

| Dia 23/11/2018         |      |      |      |
|------------------------|------|------|------|
|                        | 10 h | 14 h | 19h  |
| Laje Tradicional       | 23°C | 23°C | 21°C |
| Laje com Pó de Madeira | 23°C | 23°C | 21°C |
| Ambiente               | 23°C | 23°C | 21°C |

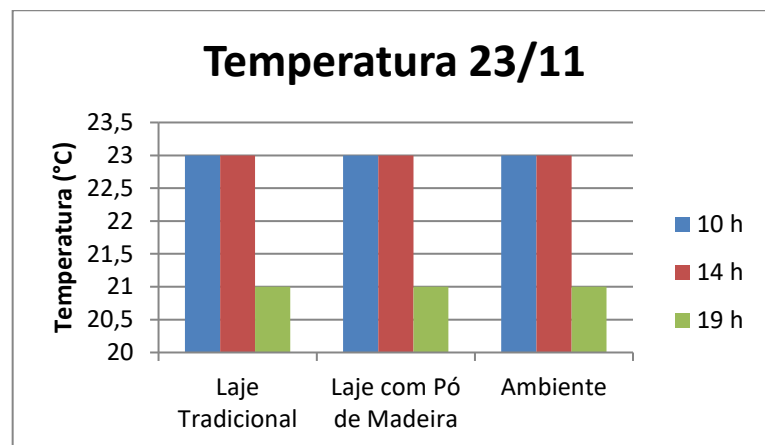


Gráfico 3: Temperaturas 23 de Novembro

É possível verificar que a laje feita com o pó de madeira obteve sempre a menor das temperaturas em dias quentes e ensolarados, e no dia frio e chuvoso sua temperatura equivaleu-se à da laje normal.

Observa-se uma tendência de manter a temperatura interna do ambiente ao longo do dia, já que a variação num mesmo dia é pequena.

#### 4. CONCLUSÃO

Conclui-se então que a aplicação do resíduo pó de serra na substituição total do agregado miúdo na fabricação de blocos de laje possui grande vantagem térmica, já que nos dias mais quentes apresentou um melhor conforto térmico interno em comparação aos blocos convencionais e nos dias mais amenos e chuvosos mostrou-se equivalente aos mesmos.

Outra grande vantagem é a redução dos custos de produção de tal produto. Sendo uma alternativa vantajosa tanto para os que produzem os blocos, pois economizam 100% na compra de agregado miúdo, quanto para os da indústria moveleira, que muitas vezes acabam por pagar empresas especializadas para fazer a destinação do resíduo, muitas vezes tratado como indesejado.

Isso sem se falar no aspecto ambiental, já que a utilização de um resíduo sólido que não possui grandes alternativas de reciclagem ou reutilização reduz muito os impactos gerados ao meio ambiente. Além disso, há a redução dos impactos gerados na extração de areia empregada na construção do bloco.

Mostra-se uma alternativa que permite uma diminuição no consumo de energia nos dias quentes, já que o conforto térmico mostrado faz com que não haja necessidade do uso de ar-condicionados ou ventiladores para a redução da temperatura interna do ambiente, sendo este, mais um ponto de economia financeira.

Para uma continuidade a este estudo, pode-se aumentar a quantidade de pó de serra na mistura, a fim de diminuir o peso da peça, analisar se ela possui alguma melhoria em relação à acústica, bem como suas resistências aos esforços solicitantes.

## 5. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10004 Resíduos sólidos – Classificação**. Rio de Janeiro, p. 71. 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14860-1 Laje pré-fabricada - Pré-laje - Requisitos Parte 1: Lajes unidirecionais**. Rio de Janeiro, p. 8. 2002.

DANTAS FILHO; Flávio Pedrosa. **CONTRIBUIÇÃO AO ESTUDO PARA APLICAÇÃO DO PÓ DE SERRA DA MADEIRA EM ELEMENTOS DE ALVENARIA DE CONCRETO NÃO ESTRUTURAL**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, Campinas.

DOUTOR BLOCO. **Serragem substitui materiais da construção civil**. Disponível em: <http://doutorbloco.com.br/serragem-substitui-materiais-da-construcao-civil/>. Acesso em 10 de outubro de 2018.

HILLIG, Éverton et al. **Resíduos de madeira da indústria madeireira: caracterização e aproveitamento**. In: ENGEPE, 26<sup>o</sup> ed., 2006, Fortaleza. **Artigos**. Fortaleza: Abepro, 2006. Disponível em: <[http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006\\_tr520346\\_8192.pdf](http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr520346_8192.pdf)>. Acesso em: 12 out. 2018.

IPEA. **Diagnóstico dos Resíduos Sólidos de Logística Reversa Obrigatória**. Disponível em: [http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120807\\_relatorio\\_residuos\\_solidos\\_reversa.pdf](http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120807_relatorio_residuos_solidos_reversa.pdf). Acesso em 12 de novembro de 2018.

Ministério do Meio Ambiente. **Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>. Acesso em 10 de novembro de 2018.

Portal Aprendiz. **Reciclar serragem pode melhorar construção civil**. Disponível em: <https://portal.aprendiz.uol.com.br/content/reciclar-serragem-pode-melhorar-construcao-civil>. Acesso em 12 de novembro de 2018.

TERRA AMBIENTAL. **Obra sustentável: saiba mais sobre a reciclagem dos resíduos da construção civil**. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/obra-sustentavel-saiba-mais-sobre-a-reciclagem-dos-residuos-da-construcao-civil>. Acesso em 13 de outubro de 2018.

VARELA, Márcio. **Notas de aula - materiais de construção – granulometria**. Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/marciovarela/disciplinas/materiais-de-construcao/granulometria-1/granulometria>. Acesso em 12 de novembro de 2018.