

Tubos de papelão: Considerações sobre a sustentabilidade no processo de fabricação do material

Cardboard tubes: Sustainability considerations in the material manufacturing process

João Renato Medeiros de Assis, graduando em Engenharia Ambiental, UNICAMP

joaomedeirosdeassis@gmail.com

Gerusa de Cássia Salado, Professora Doutora, UNICAMP

gerusa@ft.unicamp.br

Resumo

O objetivo deste trabalho é estudar a sustentabilidade aplicada no setor da construção civil, focando na utilização dos tubos de papelão e a sua produção. Os métodos utilizados foram baseados em revisões bibliográficas de renomados autores. Os resultados no decorrer do texto mostram que os tubos de papelão são uma forte alternativa para melhorar a sustentabilidade nas obras, porém a sua fabricação causa danos ao meio ambiente. Em suma, concluiu-se que para se analisar um produto com finalidades ambientais não basta apenas a análise da sua utilização, mas um estudo desde a sua fabricação até a sua utilização.

Palavras-chave: Sustentabilidade das edificações; Tubos de papelão; Shigeru Ban.

Abstract

The objective of this work is to study the sustainability applied in the civil construction sector, focusing on the use of cardboard tubes and their production. The methods used were based on bibliographical reviews of renowned authors. The results throughout the text show that cardboard tubes are a strong alternative to improve sustainability in the works, but their manufacture causes damage to the environment. In conclusion, it was concluded that in order to analyze a product with environmental purposes, it is not enough to analyze its use, but rather a study from its manufacture to its use.

Keywords: *Sustainability of buildings; Cardboard tubes; Shigeru Ban.*

1. Introdução

Na atualidade, a discussão sobre sustentabilidade avança e envolve cada vez mais profissionais de diferentes campos de pesquisa; e estes, em certos momentos se reúnem para trabalhar em conjunto na busca de soluções para este desafio (CORRÊA, 2009).

A coleta e a reciclagem de materiais podem beneficiar as construtoras porque acrescentam valor ao projeto, embora ainda não possa ser dito que tal benefício seja passível de aplicação a todos os projetos. Segundo Addis (2006) as razões mais comuns por ser aplicado apenas a algumas partes de uma obra, provavelmente são:

- Reduzir custos de despejos de material em aterros, por exemplo, reutilizando materiais de demolição no próprio local;
- Obter certificações ambientais que premiem o uso de materiais reciclados, por exemplo, o BREEAM (*Building Research Establishment Method*) no Reino Unido, o LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) nos Estados Unidos, e *checklists* de construção sustentável usados por um crescente número de autoridades locais em avaliação de execução de projetos;
- Demonstrar comprometimento das construtoras e membros das equipes de projetos em fazer algo para reduzir o impacto ambiental causado por construções.

O processo industrial de fabricação de papel reciclado é análogo ao de papel virgem, mas menos intensivo. A reciclagem é conseguida através do reaproveitamento das fibras de celulose dos materiais descartados. O papel reciclado pode ser fabricado exclusivamente com fibras secundárias (100% recicláveis, as fibras podem ser recicladas de cinco a sete vezes) ou ter a incorporação de pasta de celulose virgem. A degradação das fibras implica na adição de alguma porcentagem de pasta de papel virgem para manter a qualidade (RICCHINI, 2017).

A reciclagem de papel é uma prática que gera uma série de vantagens econômicas, ecológicas e sociais, porém, no aspecto tecnológico, com os processos que envolvem a reciclagem, as fibras do papel têm sua estrutura original alterada e, conseqüentemente, suas propriedades (CARDOSO, 2012).

Papel reciclado gera uma infinidade de produtos para diversos setores industriais, como caixas de papelão para embalagens, papéis sanitários, papéis para escrita e impressão, cones e tubetes de papelão para a indústria de tecelagem, tubetes para a indústria de fogos de artifícios e de canudos para diplomas, bobinas em geral etc (SALADO, 2011).

De maneira mais inusitada, tubetes de papelão reciclados são usados como elementos construtivos. Diversas obras podem ser vistas nas bibliografias de renomados autores, por exemplo, McQUAID, 2003; MIYAKE, 2009; BAN, 2014; etc.

Segundo McQUAID (2003), os tubos de papelão são um material bastante versátil e podem ser usados de diversas maneiras, possibilitando sistemas construtivos variados que, muitas vezes, geram obras arquitetônicas arrojadas, surpreendendo quem as contempla. A atratividade em se utilizar tubos de papelão na construção civil se dá por estes serem baratos,

facilmente realocados e substituídos – quando danificados, de baixa tecnologia, manterem sua cor natural e não gerarem desperdício. Além disso, podem ser reciclados ou reutilizados, caso estejam em perfeitas condições de uso.

O objetivo deste trabalho é estudar uma forma mais sustentável para a construção civil com o foco nos tubos de papelão, desde a sua formação até a sua utilização e, assim, estudar os seus benefícios e malefícios no meio ambiente. Também se focará nas obras do arquiteto Shigeru Ban, que tem como principal material nas suas criações os tubos de papelão.

A metodologia usada foi baseada em revisões bibliográficas de diversos autores consagrados e renomados na área da pesquisa.

A importância desse trabalho é estudar uma forma mais sustentável na construção civil com ênfase nos aspectos positivos e negativos e, assim, criando uma visão mais ampla e sustentável. Ressalta-se também a importância da análise do ciclo de produção dos materiais e como este pode afetar o meio ambiente.

2. Utilização de Tubos de Papelão na Construção Civil

Observa-se que o uso dos tubos de papelão na construção civil pode representar uma alternativa que proporciona mais rapidez e eficiência na obra, tornando o processo mais prático, rápido e leve. Devido ao aumento da demanda por produtos mais limpos e o desenvolvimento de projetos autossustentáveis, percebe-se que é muito importante para o setor da construção civil adotar o uso do papelão como uma novidade, por representar uma alternativa que agrega estes itens em um processo mais leve e salubre (SILVIA, 2017).

O papel é um material fácil de ser encontrado no Brasil e, por ter a capacidade de ser reciclado várias vezes, não precisa de um grande processo de transformação para a reciclagem, basta triturá-lo e misturar com água (SALADO, 2011).

A atratividade em se utilizar tubos de papelão na construção civil se dá por estes serem facilmente realocados e substituídos – quando danificados, de baixa tecnologia, manterem sua cor natural e não gerarem desperdício. Além disso, podem ser reciclados ou reutilizados, caso estejam em perfeitas condições de uso. (McQUAID, 2003).

Um expoente na utilização dos tubos de papelão na construção civil é o arquiteto Shigeru Ban, que usa as características simples e práticas do tubo de papelão, utilizando-o oco e com um tratamento para resistir as ações contra o fogo e umidade, aumentando as suas qualidades básicas para gerar um material estrutural com resistência satisfatória. Com isso, ele transforma simples tubos de papelão em construções grandiosas e espaços diferenciados, fazendo-se repensar as ideias de fraqueza, durabilidade e natureza efêmera do papel (SALADO, 2006).

Um exemplo das obras com os tubos de papelão do arquiteto são as residências emergenciais em Kobe (Japão). Ban utilizou diversas tipologias de tendas para uso familiar e para grandes estruturas de uso comum, necessárias num acampamento, que pudessem ser feitas pelo simples corte de tubos de papelão em diferentes comprimentos para a realização

do projeto. Uma equipe de dez voluntários, incluindo um líder, foi designado à construção de cada casa (McQUAID, 2003).

O objetivo deste projeto era solucionar este problema rapidamente, assim Shigeru Ban teve a ideia de projetar algo de baixo custo, esteticamente agradável, que fosse rápido e fácil de construir, usasse materiais descartados e pudesse ser desmontado sem gerar resíduos, ou podendo-se reutilizar os materiais (BAN, 1997).

As figuras 1 e 2 mostram essas obras durante a construção e após finalizadas.



Figura 1 – “Log House” em construção, por voluntários, e vista externa durante sua construção.
Fonte: The Japan Architect, summer 1998, p.89.



Figura 2 – “Log House” em construção, por voluntários, e vista interna após sua conclusão.
Fonte: The Japan Architect, summer 1998, p.89.

Com isso, pode-se visualizar a aplicação dos tubos de papelão na construção civil, mostrando a estética do trabalho pós finalizado e a estrutura das residências emergenciais desenvolvidas pelo arquiteto.

3. Processo de produção dos Tubos de Papelão

Conforme Salado (2006), todos os papeis são constituídos de matérias-primas fibrosas e não-fibrosas. Segundo Ino (1984), as matérias-primas fibrosas podem ser de origem vegetal, animal, mineral ou artificial. No entanto, as madeiras representam quase 100% das matérias-primas fibrosas utilizadas no Brasil para a obtenção da pasta celulósica. As matérias-primas não-fibrosas são aglutinantes, estabilizantes, aditivos e outras substâncias que têm a finalidade de melhorar as características do produto final, além da utilização da água.

No processo, a celulose é dissolvida em água, formando uma solução de 95% de água para 5% de celulose. Essa água usada é mantida num sistema fechado e reaproveitada por várias vezes. No decorrer do processo, a proporção de água na pasta vai sendo diminuída até que, quando o papel está pronto, tem-se cerca de apenas 7% de água para 93% de celulose. (PINHEIRO, 2004).

O papel utilizado para fabricação dos tubos de papelão é o papel pardo ou *kraft* que, geralmente, é um papel reciclado e, assim, utiliza celulose de materiais descartados.

Para a produção dos tubetes de papelão, inicialmente, tem-se a polpa produzida e bombeada para um tanque e, em seguida, são separadas por centrífugas que retiram das massas os rejeitos pesados como, por exemplo, pedriscos, metais, plásticos etc. A partir disso, a polpa fica armazenada num segundo tanque. (SÃO CARLOS S/A, 2006).

Prosseguindo, a polpa é passada por engrossadores e depois chega a refinadores que durante a preparação da massa, se adiciona breu ou colas especiais e aditivos para se melhorar a qualidade do papel. Neste momento, também ocorre a correção do pH, com adição de sulfato de alumínio, que ainda ajuda na colagem. Depois de refinada, a polpa está pronta e fica armazenada em outros tanques, até seguir para a mesa plana, onde se inicia a formação da folha (SALADO, 2006).

Contudo, a massa passa por uma mesa plana que possui micro perfurações por onde escoo o excesso de água. A seguir, a folha pré-formada é prensada em cilindros, a fim de se retirar mais água. Por fim, a folha passa por cilindros secadores (aquecidos) e obtém-se o produto final. Este é estocado em bobinas, que são preparadas nas rebobinadeiras. Segundo São Carlos S/A (2006), depois de todo esse processo, o papel pode ser cortado no formato e tamanho desejados.

Quanto à fabricação do tubete de papel, conforme Lacerda (2006), as faixas de papel kraft que formam as camadas internas da sua parede são banhadas em uma cola líquida à base de silicato de sódio, e as duas faixas que formam as camadas de revestimento interno e externo do tubo são banhadas em outra cola líquida, à base de acetato de polivinila, mais conhecido como PVA.

A cola à base de silicato de sódio não é usada nos papéis de revestimento do tubo pois daria um acabamento áspero, uma vez que esta cristaliza após a secagem. Contudo, é utilizada nos papéis da estrutura do tubo, ou seja, os papéis que formam as camadas internas da parede do mesmo, pois lhe propicia maior resistência à flexão e à compressão diametral (LACERDA, 2006).

Depois de passarem pelos tanques de colas, as faixas de papel kraft são enroladas em espiral num cilindro metálico giratório deixando-se um pequeno espaçamento entre as mesmas, de no máximo 2 mm (SALADO, 2006).

Segundo Lacerda (2006), os tubos com espessura de até 8 mm contêm cerca de 12% de umidade imediatamente após a sua fabricação e secam naturalmente. Portanto, depois de passar um período de 8 a 10 horas, estes estabilizam com aproximadamente 10% de umidade.

No entanto, os tubos com espessura superior aos citados anteriormente saem do processo de fabricação com cerca de 14% de umidade. Por terem uma parede muito mais espessa, estes precisam secar em estufa até atingirem 10% de umidade o que costuma ocorrer após um tempo de 30 minutos a duas horas (SALADO, 2006).

Finalmente, segundo Lacerda (2006), os grandes tubos fabricados no Brasil utilizam faixas de papel kraft que variam de, aproximadamente, 54 a 240 mm de largura. A espessura de sua parede pode variar entre 1,5 e 20 mm e o seu diâmetro interno pode ter de 24,8 a 505,5 mm.

4. Consumo de água e geração de efluentes líquidos na produção do papel Kraft

A água é um recurso natural limitado e possui um valor econômico muito importante para a vida no planeta. As fontes de água doce para uso industrial e outras atividades humanas são limitadas tanto pela quantidade quanto qualidade. Estima-se que no planeta existem aproximadamente 265.400 trilhões de toneladas de água distribuídos em vários locais do globo; destas, apenas 0,5% representa água doce explorável sob o ponto de vista tecnológico e econômico, que pode ser extraída de lagos, rios e aquíferos (SANTILLI, 2001).

As fábricas de papel e celulose são consumidoras expressivas de água, isso porque extrair as fibras de uma estrutura vegetal com alta qualidade exigida pelo mercado, requer um rigoroso processo de diluição, seguido de lavagem com um preciso controle de consistência. No entanto, processos modernos têm trazido um maior controle tanto do consumo quanto da geração de efluentes líquidos. O consumo médio de água em fábricas de celulose com processo Kraft está entre 35 a 40m³/t_{sa}¹. O processo Kraft é um exemplo de modelo industrial para produção de celulose que tem um circuito fechado para evitar perdas e consumos desnecessários de insumos durante as etapas até a saída do produto final (NUNES, 2013).

Apesar do processo kraft ser "fechado" há emissões de efluentes líquidos, que se constituem basicamente de compostos orgânicos oriundos da madeira. De forma geral, do descascamento até a secagem da celulose há grande consumo de água para fechar o processo de produção (NUNES, 2013).

A etapa posterior ao descascamento é a lavagem das toras tendo como finalidade remover impurezas como areia e terra. Dependendo do processo de lavagem e da quantidade de impurezas, consome-se aproximadamente 1,3 a 6 m³ /t_{sa}. Com o consumo de água há geração de efluentes líquidos que apresentam grande carga de DQO², DBO³ e Sólidos Suspensos (MIELI, 2007).

No pátio onde são armazenadas as madeiras, há grande perda de água tanto por evaporação quanto pelo desperdício, por conta de a água estar suja pela presença de materiais dissolvidos e grande carga de particulado. É possível reduzir a DBO em até 50% se usar

¹ Tsa: Unidade de tonelada de celulose seca ao ar (BACHMANN, 2013).

² D.Q.O: Avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) consumido em meio ácido que leva à degradação de matéria orgânica, sendo essa biodegradável ou não (ZUCCARI, 2005).

³ D.B.O: Significa Demanda Bioquímica de Oxigênio, ou seja, é a quantidade de oxigênio necessária para estabilizar a matéria orgânica (MATOS, 2012).

exclusivamente o descascamento à seco, o que é possível atingir DBO de $0,7 \text{ kg/tsa}^{-1}$ (NUNES, 2013).

Em seguida tem-se o processo de cozimento. As principais fontes de efluentes durante o cozimento dos cavacos de madeira são as descargas dos digestores, os vazamentos, respingos devidos às purgas, sistema de resfriamento, selagem da bomba de recirculação e lavagem de resíduos gerados e dispostos no chão (BRAILE, 1979).

Seguindo, tem-se o branqueamento que é uma das etapas do processo de extração da celulose da madeira que mais consome água e, conseqüentemente, maior geradora de efluentes líquidos, mesmo no processo Kraft. A vazão de efluentes líquidos varia de 15 a 30 m^3 / tsa . O branqueamento é uma fonte geradora de poluentes ainda mais pela presença de dois tipos diferentes de filtrados: ácido e alcalino. A recirculação destes dois filtrados é uma forma eficiente de redução da carga de poluentes advinda do branqueamento. (NUNES, 2013).

A recirculação dos efluentes nessa etapa pode conduzir a corrosão dos equipamentos e, conseqüentemente, um aumento da carga de matéria orgânica nos recirculados gerando maior consumo de reagentes e, por conseguinte, maiores cargas de poluentes para os corpos hídricos (AMARAL, 2008).

Segue abaixo um fluxograma com a representação deste processo na figura 3.

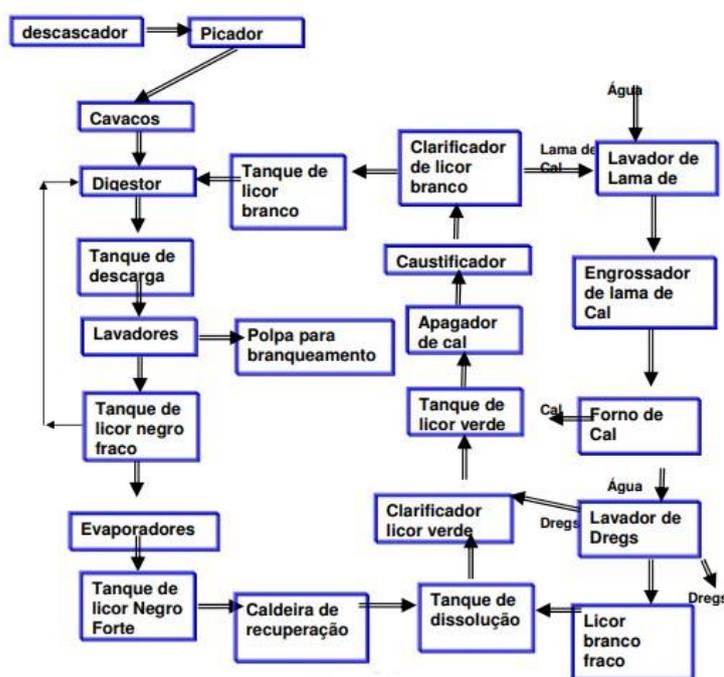


Figura 3 – Fluxograma do processo Kraft. Fonte: LORENA, 2009, p.15.

Por fim, a secagem é a etapa cujo consumo de água é especialmente de água limpa e vapor. Este consumo pode chegar entre 4 a 7 m^3 / tsa . No tocante à qualidade dos efluentes gerados, há uma quantidade significativa de fibras, aumentando em muito a carga de DQO (NUNES, 2013).

Segundo a resolução CONAMA nº 430 de 13 de maio de 2011, que dispõe sobre condições, parâmetros, padrões e diretrizes para gestão do lançamento de efluentes em corpos de água receptores, determina que o lançamento de efluentes de qualquer fonte poluidora somente deverá ser feito diretamente nos corpos receptores após o tratamento, e desde que obedeça aos padrões determinados na resolução. Diante disso, a redução dos efluentes na fonte geradora contribui de forma significativa para minimizar a carga nas águas residuárias, reduzindo custos com o tratamento destes e redução dos impactos por eles gerados.

No entanto, com o treinamento e conscientização de operadores quanto ao consumo de água visando ao desenvolvimento sustentável pode reduzir e, assim, deixar o processo mais sustentável. Outra maneira é o descascamento a seco, que já é uma prática adotada em muitas fábricas de celulose e papel; tal técnica reduz significativamente o consumo de água e, como consequência, a redução de efluentes líquidos para serem tratados (MIELI, 2007).

O reuso da água em fábrica de celulose e papel tem como objetivo retornar à água para fins menos nobres. Evidentemente que o reuso deve ser uma solução projetada com a visão de gestão dos corpos hídricos sem esquecer os possíveis impactos em tubulações e qualidade do processo. O reuso possibilita que os mananciais sejam utilizados para atividades mais prioritárias, como o abastecimento urbano. Outro benefício do reuso da água está na redução dos efluentes gerados nessas unidades fabris (NUNES, 2013).

Quanto ao controle de resíduos gerados pela produção do papel, pode-se adotar a deslignificação com oxigênio. Ambientalmente, há dois grandes benefícios da deslignificação com oxigênio: a redução das emissões da planta de branqueamento e a redução da carga de químicos. A substituição do cloro por dióxido de cloro, ozônio e peróxido de hidrogênio também é uma prática muito usual. Com a substituição do cloro por substâncias menos agressivas como dióxido de cloro, ozônio e peróxido de hidrogênio, têm-se a redução da carga de organoclorados nos efluentes líquidos. As substâncias que contêm o cloro fazem parte de um grupo denominado AOX (Haletos orgânicos absorvíveis), que são substâncias extremamente tóxicas e de degradação muito difícil no meio ambiente, que apresenta grande possibilidade de acumulação e toxicidade. O controle na emissão de efluentes líquidos reduz a vazão total dos efluentes e, como consequência, uma economia substancial no que tange ao pagamento para empresa especializada em tratamento de efluentes industriais. Quanto maior a vazão de efluentes, maiores são as custas com tratamento e, dessa forma, reduzindo-se o volume de efluentes o retorno é em economia para a organização (NUNES, 2013).

5. Conclusão

Em suma, pode-se concluir que a utilização de tubos de papelão na construção civil torna a edificação mais sustentável, pois reduz os resíduos sólidos gerados nas obras. O arquiteto Shigeru Ban conseguiu conciliar esses tubetes em diversas obras arquitetônicas pelo mundo, provando que um simples tubo de papelão pode ser usado em diversas construções, por exemplo, os tubos foram usados pelo arquiteto na construção de diversos abrigos para muitas famílias que perderam suas casas em desastres naturais. Os tubos tiveram uma ótima resistência, provando seu potencial nas obras e, logo depois, as obras foram desmontadas podendo-se reutilizar os tubos.

Porém, baseando-se em estudos, nota-se que as fábricas de celulose são grandes organizações que necessitam de água para o processo de extração da mesma e dos demais componentes da madeira. Há, pelo grande consumo de água, volumes consideráveis de efluentes líquidos que percorrem todas as etapas do processo, desde o pátio de madeira até a secagem. E o processo de fabricação do Kraft, usado para a confecção dos tubos, é de fato um método de produção que gera menos efluentes em comparação a outros métodos que outrora eram usados em fábricas em todo mundo.

Contudo, pode-se concluir que um estudo de sustentabilidade tem que ser analisado desde a produção do produto até a sua utilização e, assim, possibilitar uma visão mais ampla e analítica para a utilização de produtos mais benéficos para o meio ambiente.

Referências

ADDIS, Bill. **Reúso de materiais e elementos de construção**. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

AMARAL, Karen Juliana. **Uso de água em indústria de papel e celulose sob ótica da gestão de recursos hídricos**. 196 p. Tese (Doutorado em Ciências em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Rio de Janeiro. Rio de Janeiro. 2008.

BACHMANN, D. **Glossário: Indicadores Bachmann para Celulose e Papel**. Curitiba. 2013.

BAN, S. **Paper houses**. Revista Abitare, n362, mai 1997, p.130-3. Milão: Abitare Segesta.

BAN, S. **Shigeru Ban paper in Architecture**. Art Museum. New York, 2014.

BRAILE, Pedro Marcio. **Manual de tratamento de águas residuárias industriais**. São Paulo, CETESB, 1979. 764 p.

CARDOSO, Marco. **Propriedades físicas e mecânicas de papéis reciclados utilizando para fabricação de tubetes**. Santa Maria, v. 22, n.2, 2012.

CASTRO, Heizir. **Processos Químicos e Industriais II**. Apostila 4. Lorena – USP, 2009.

CONAMA. RESOLUÇÃO Nº 430, de 13 de maio de 2011. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=646> . Acesso 17.07.2013.

CORRÊA, Lásaro Roberto. **Sustentabilidade na construção civil**. Belo Horizonte, 2009.

INO, A. **Papelão Ondulado: Viabilidade de Utilização na Construção**. Dissertação (mestrado). São Carlos: Escola de Engenharia de São Carlos, 1984.

LORENA. **Processos Químicos e Industriais II**. USP. 2009, p.15.

MATOS, M. **Modelagem da progressão da DBO obtida na incubação de esgoto doméstico sob diferentes temperaturas**. Eng Sanit Ambient. Minas Gerais, 2016.

McQUAID, M. **Shigeru Ban**. Nova York: Phaidon Press, 2003.

MIYAKE, R. **Shigeru Ban: Paper in Architecture**. Copyright Essays. New York, 2009.

MIELI, João Carlos de Almeida. **Sistemas de avaliação ambiental na indústria de celulose e papel**. 111 p. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2007.

NUNES, Luiz. **Consumo de água e geração de efluentes líquidos na indústria de papel e celulose**. Monografia. Salvador, 2013.

PINHEIRO, P. **A fabricação do papel krfat**. São Carlos S/A – Indústria de Papel e Embalagens, 2004. Entrevista, 03p.

RICCHINI, Ricardo. **Reciclagem industrial de papel**. Disponível em:
<<http://www.setorreciclagem.com.br/reciclagem-de-papel/reciclagem-industrial-de-papel/>>. Acesso em: 12 DEZ. 2018.

SALADO, G.C. **A arquitetura em tubos de papelão de SHIGERU BAN**. V.1, n.2, p.3-15, 2006.

SALADO. G. C. **O uso de painéis portantes compostos por tubos de papelão na arquitetura**. ENTAC. Fortaleza – CE, 2008.

SALADO. G.C. **Ensaio de flambagem em tubos de papelão utilizados em sistemas construtivos**. ENTAC. Canela – RS, 2010.

SALADO, G. C., **PAINEL DE VEDAÇÃO VERTICAL DE TUBOS DE PAPELÃO: Estudo, Proposto e Análise de Desempenho**. São Carlos, 2011.

SANTILLI, J. **A política nacional de recursos hídricos (lei 9.433/97) e sua implementação no distrito federal**. Rev. Fund. Esc. Super. Minist. Público Dist. Fed. Territ.. Brasília, 2009.

SÃO CARLOS S/A. **Informações necessárias para fundamentar laudos de funcionamento ininterrupto da fábrica de papel**. São Carlos S/A – Indústria de Papel e Embalagens, 2006.

SILVIA, Jéssica. **Uso de tubos de papelão em vedações verticais**. Alagoas. 2017.

ZUCCARI, M. **Avalia a quantidade de oxigênio dissolvido (OD) consumido em meio ácido que leva à degradação de matéria orgânica, sendo essa biodegradável ou não**. 1º Parte da Tese do Doutorado. Botucatu – SP, 2005.