



ConBRepro

X CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO



02 a 04
de dezembro 2020

Desenvolvimento Do Produto Sustentável: Inovação Em Artefatos Que Compõem Materiais Estruturantes Da Construção Civil

Guilherme Graciano dos Santos (IC)

Departamento da Engenharia de Produção - Centro Universitário INTA-UNINTA

Flávio Albuquerque Ferreira da Ponte

Departamento da Engenharia de Produção – Centro Universitário INTA-UNINTA

Raimundo Alberto Rêgo Júnior

Departamento da Engenharia de Produção – Centro Universitário INTA-UNINTA

Resumo: O presente trabalho objetiva a sustentabilidade por meio do aproveitamento de papéis usados (resíduos sólidos) que, por ventura, seriam descartados no meio ambiente, resultando na poluição do solo e da água. Nesse sentido, busca diminuir o descarte indevido desses resíduos no meio ambiente, proporcionando, dessa forma, o uso e a inovação de produtos aptos a serem reutilizados e tendo o papel como matéria prima principal na composição de objetos a serem utilizados na construção civil. Logo, visa o desenvolvimento de placas para forro, blocos divisórios de ambientes e de paredes 3D. É necessário mencionar que o material é preparado com auxílio de equipamentos simples, de fácil manuseio e acesso que, após a preparação, resulta em uma pasta composta por aglutinantes e água. Após este processo, o material deverá ser inserido na matriz desejada e, em seguida, colocado ao ar para secagem. A análise física do material será realizada por meio da resistência: tração, compressão e dureza.

Palavras-chave: Resíduos sólidos, Blocos para forro, Sustentabilidade.

Sustainable Product Development: Innovation in Artifacts that Compose Structural Materials for Civil Construction

Abstract: This work aims at sustainability through the use of used paper (solid waste) that, perhaps, would be discarded in the environment, resulting in soil and water pollution. In this sense, it seeks to reduce the improper disposal of these residues in the environment, thus providing the use and innovation of products suitable for reuse and having paper as the main raw material in the composition of objects to be used in civil construction. Therefore, it aims at the development of ceiling tiles, room dividing blocks and 3D walls. It is necessary to mention that the material is prepared with the aid of simple equipment, easy to handle and access, which, after preparation, results in a paste composed of binders and water. After this process, the material should be inserted into the desired matrix and then placed in the air for drying. The physical analysis of the material will be performed by means of resistance: traction, compression and hardness.

Keywords: Solid waste, Lining blocks, Sustainability.

1. Introdução

A busca por materiais ou produtos sustentáveis vem ganhando força, a cada ano que passa. Pois, os impactos ambientais causados pela humanidade estão trazendo desequilíbrio nos ecossistemas do planeta Terra. A implementação de ações e de políticas públicas e privadas tem sido uma alternativa para diminuir alguns problemas ambientais, mas o governo não dispõe desses recursos como auxílio para prosperar em uma sociedade de formar sustentável (SOUZA et al., 2009).

Nesse contexto, observa-se que o Brasil tem se desenvolvido em relação a indústria de papel e celulose. No ano de 2017, o Brasil apresentou alto índice de produção de celulose, papel e derivados de celulose (8,4%), em relação aos outros produtos do mercado brasileiro (IBGE, 2018).

A coleta desse material basicamente se dá, apenas, pelos excluídos da sociedade econômica (catadores), exercendo trabalho informal, pois o governo não dispõe de qualquer estímulo para realização dessa prática (WALDMAN, 2018).

Diante dessas informações, relacionamos a sustentabilidade com a construção civil, que tem sido uma grande potência do mercado atual, nos últimos anos, de tal forma que a implantação de novas tecnologias deve ser utilizada, como na criação de novos produtos sustentáveis para compor essa prática.

Constata-se que no ramo da construção civil a relação, peso versus custo possuem uma relação direta, pois considerando estruturas mais leves, eventualmente diminuindo os impactos na estrutura de alvenaria, trazendo resultados positivos na diminuição de cargas na estrutura que está relacionado com custo (CIARLINI et al., 2001).

Diante deste contexto, COSTA et al. (2017) realizaram um estudo afim de confeccionar blocos de gesso com adição de resíduos gerados a partir da indústria de fabricação do papel, visando na diminuição dos custos econômicos do artefato e na diminuição do descarte desse rejeito ao meio ambiente, com a função de utilizar os blocos em divisória de ambientes, na qual as cinzas geradas pela fabricação do papel foram misturadas ao gesso, produzindo os blocos, na qual foi realizado todo um processo de preparação desse material e teste de resistência para comprovar sua eficácia. A partir da análise, o produto apresentou leveza sendo um ponto positivo para estrutura de obras em comparação com alvenaria de bloco cerâmico, foi realizado uma simulação estrutural de um edifício para obter esse resultado. A problemática foi a dificuldade na falta de normas brasileiras dos produtos compostos por gesso, tendo problemas na fabricação pois não há parâmetros a ser seguidos.

Por outro lado, COSTA et al. (2017) em seu estudo, mostrou que foi possível utilizar cinzas de papel para criação de blocos divisórios de ambientes, mostrando um resultado satisfatório em comparação a outros produtos similares que existem no mercado, questão importante que deve ser levada em consideração ao desenvolver um produto na qual existem similares.

Desta forma, o estudo realizado por CALEGARI, L. et al. (2004) utilizaram aparas de papel reciclável para a fabricação de chapas aglomeradas, foi utilizado dois tipos de papel (jornal e offset) foram preparados tanto em tiras como também moídos, que foram misturados com a madeira de *Pinus elliotti* Engelm que ao ser selecionada foi armazenada em um tanque com água, na qual a madeira passou por um processo que a transformou em flocos. Com aproximadamente 3% de umidade, os compostos foram misturas em três proporções diferentes junto ao adesivo utilizado à base de tanino-formaldeído, inseridos em uma prensa hidráulica, com a finalidade de unifica-los, mas durante a abertura da prensa os painéis apresentaram estouro ocasionando perdas dos compostos. Foi realizado uma serie de teste físico-químico, como o inchamento da chapa em contato com a água por um intervalo de

tempo determinado e como também a resistência ao arrancar os parafusos. A partir desses conceitos citados, conclui-se também que as aparas de papel prejudicam a maioria das propriedades, e acabam não atendendo as normas estabelecidas.

Diante dos estudos citados, observamos a relação sócio ambiental que é apresentada por cada autor com a missão de proporcionar mudanças necessárias a sociedade, na qual promovem soluções e aplicabilidades aos dejetos descartados ao meio ambiente de forma inapropriada, de tal forma que, desenvolver e inovar produtos sustentáveis tem sido um grande desafio tanto para estudos como para conscientização da população.

A indústria de papel e celulose é considerada o setor industrial que mais afeta o meio ambiente, representando também um dos maiores setores industriais do mundo (ALVES et al., 2012). Diante deste cenário, visando à diminuição dos custos na construção civil, junto aos impactos ambientais, a literatura relata pesquisas de uso no papel em diferentes setores da construção civil.

Contudo, não há uma análise quanto a importância e a relação de custos para as empresas em relação a substituição do produto que foi desenvolvido neste trabalho. Nesse contexto, o trabalho objetivou desenvolver um produto que componha um material estrutural para a construção civil a partir do papel reciclável como um dos componentes principais, tornando-o um produto sustentável.

2. Fundamentos teóricos

2.1 Desenvolvimento de produto

O desenvolvimento de novos produtos tem sido uma tarefa desafiadora nas empresas devido à concorrência e as exigências cada vez mais crescente demandada do mercado. De acordo com Rozenfeld (2006), desenvolver produtos consiste em uma série de tarefas que são executadas a partir da necessidade de mercado e das possibilidades e impasses tecnológicos, e considerando as estratégias e a competitividade das empresas, deve-se cumprir o projeto de produto junto as especificações de seu processo de produção, para que a manufatura seja capaz de produzir.

Diante disso, desenvolver produto de maneira mais rápida, eficiente, com menores custos gera vantagens para o projeto, trata-se de uma metodologia a ser seguida, para que todas as ideias e aspectos do projeto sejam levados em consideração. Nos projetos de desenvolvimento de produtos existem etapas e processos a serem seguidos, tais desses geram atividades de (*inputs*) entradas e consequentemente (*outputs*) saídas, dessa forma, esse processo uma sequência de atividades para as empresas muitas delas são intelectuais e organizacionais em vez de físicas (SENHORAS, 2007).

2.2 Inovação e sustentabilidade

Diante deste contexto a inovação pode ser interpretada como a composição para o processo de desenvolvimento de produto. Para os autores (TIDD; BESSANT; PAVITT, 2008), a inovação consiste não apenas em uma nova invenção, mais sim em uma relação entre motivação e de boas ideias diante da necessidade demandada pelo mercado, e assim obter proveito de novos conhecimentos e oportunidades. Para Barbieri (2011) a inovação surge a partir de questões problemas que ainda não foram resolvidas, a partir daí se dá a criação ou inovação de algo para solução de problemas que as pessoas enfrentam ao longo do dia a dia executado por produtos ou serviços.

Os respectivos Tidd; Bessant; Pavitt, (2008), apresentam, quatro categorias de inovação conhecidas como 4ps: de produto, de processo, de posição e de paradigma; A de produto apresenta a mudança de produto oferecida pela organização; A de processo designa

mudança de como de ser oferecidas; a posição, refere-se ao contexto e na maneira que é implementado; A quarta consiste na mudança das ideias que são distinguidas pelas organizações.

De acordo com os conceitos citados, não é propício, apenas inovar de maneira contínua, é preciso considerar também as três dimensões da sustentabilidade e através disso obter sucesso e ganhar competitividade (RUSSELL; SHIANG, 2013). Desta forma, para as organizações serem consideradas sustentáveis, se faz necessário seguir as três dimensões da sustentabilidade que segundo Carvalho e Viana (1998) é: crescimento econômico, equidade social e equilíbrio ecológico.

Segundo Oliveira (2009), a inovação sustentável, desenvolve-se a partir da execução de um modelo de gestão ambiental estimulando a empresa e o sistema local agregando-os ao modelo do desenvolvimento sustentável. Desta forma, surgem os estudos abordando essas temáticas que tem sido bastante requisitada, tanto pelas organizações como para condições ambientais futuras. Neste sentido, destacando a relação entre inovação e sustentabilidade, entende-se que a inovação sustentável representa a relação entre o processo de inovação levando em conta as questões socioambientais, ou seja, questões econômicas, ambientais e sociais.

Deste modo, o estudo apresenta conceitos de inovação e de sustentabilidade, argumenta-se que a inovação sustentável pode ser conceituada como o processo de inovação que leva em conta o tripé da sustentabilidade. Assim, um importante elemento a ser adicionado à discussão de sustentabilidade é a inovação, referindo-se ao conceito de inovação sustentável. Nessa linha, observamos que o desenvolvimento de novas tecnologias sustentáveis futuras, serão um dos temas de grande importância em estudos futuros (BARBIERI *et al.*, 2010).

3. Materiais e métodos

O processo transcorreu, basicamente, para o desenvolvimento de produtos que componha o material estruturante. Tendo como composição principal o papel, usado em seu desenvolvimento, tendo em mente que o papel pode causar problemas ambientais, quando descartado indevidamente.

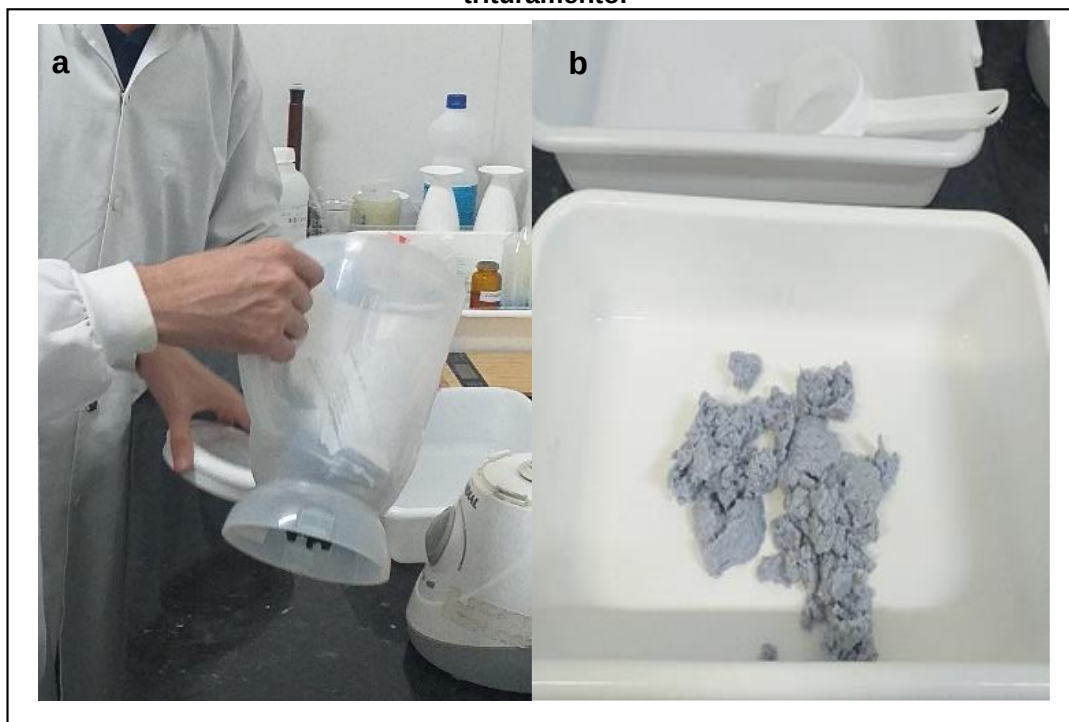
3.1 Materiais

Para a realização do trabalho foi utilizado os seguintes materiais: cola branca da marca FORTFIX®, rejunte cerâmico de piso quartzolit da empresa WEBER e folhas de papel A4 com gramatura de 75g/m². A procedência do papel, trata-se de rejeitos de apostilhas impressas da escola municipal de ensino fundamental SENADOR OZIREZ PONTES da cidade de Itarema-Ce.

3.2 Preparação do corpo de prova

Inicialmente foi realizado os cortes padronizados no papel com tiras de 30x297mm, com um auxílio de uma tesoura. Em seguida, as tiras foram pesadas e adicionado no recipiente com água, por pelo menos 20 minutos de imersão, para que o papel possa absorver uma quantidade suficiente de água e facilite a trituração do mesmo no liquidificador, conforme mostra a Figura 1a. Após, este processo foi extraído a água que estava em excesso, com auxílio de uma peneira. O material remanescente (Figura 1b) foi pesado em uma balança analítica, para tomar como base a quantidade necessária dos outros compostos. O processo de preparação do produto foi realizado manualmente, misturando o papel úmido com os aglutinantes (cola branca e rejunte) e em seguida inserindo na matriz que é confeccionada de aço inox.

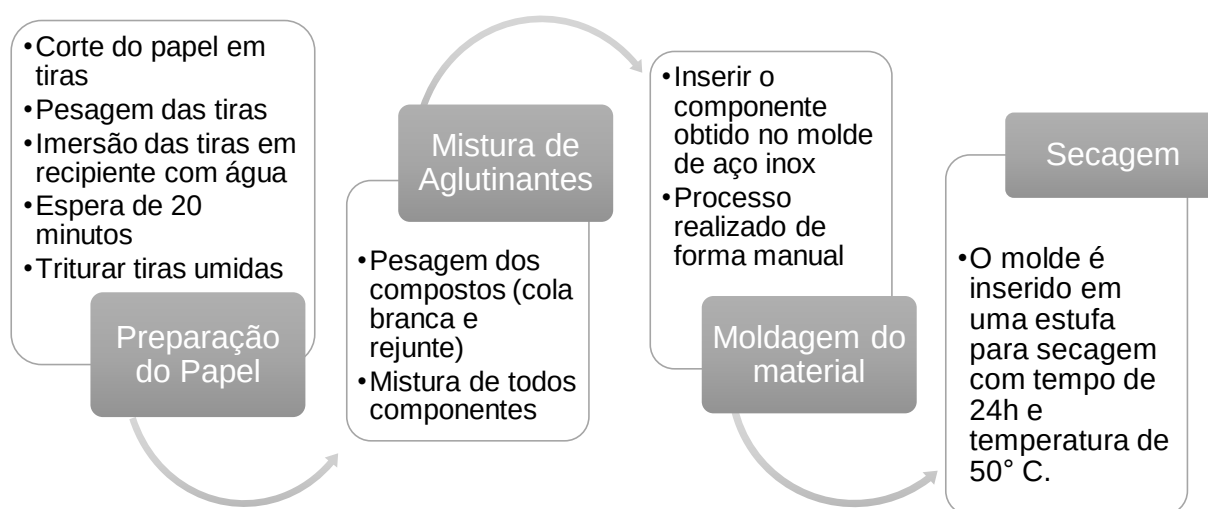
Figura 1 –Imagem do procedimento inicial do papel: a) extração da água e b) papel umedecido e trituração.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

O processo se deu com o uso de um b quer, mas antes, pesou os compostos em uma balança analítica onde foi avaliado, um a um, em diferentes escalas de proporção. Em seguida, por meio de uma matriz (molde do corpo de prova) e com o uso de uma estufa para secagem rápida. Neste processo foi necessário que o material permanecesse por de 24 horas na estufa a uma temperatura de 50 C, resultando na formação dos corpos de provas para os testes de resistência.

Figura 2 – Fluxo do processo de preparo do material para confecção dos corpos de prova.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Para tal experimento foi necessário fabricar diferentes corpos de prova, com uma variedade de proporções na composição, como mostra na Tabela 1, levando em consideração a quantidade máxima de resíduo sólido (papel) e mínimo de aglutinante para compor o produto final, sempre visando a otimização e o menor custo.

Tabela 1 - Escala de composição dos corpos de prova (em gramas).

Amostra	Papel (g)	Cola branca (g)	Rejunte (g)	Água (g)
1	25	8	8	90
2	25	14	14	90

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

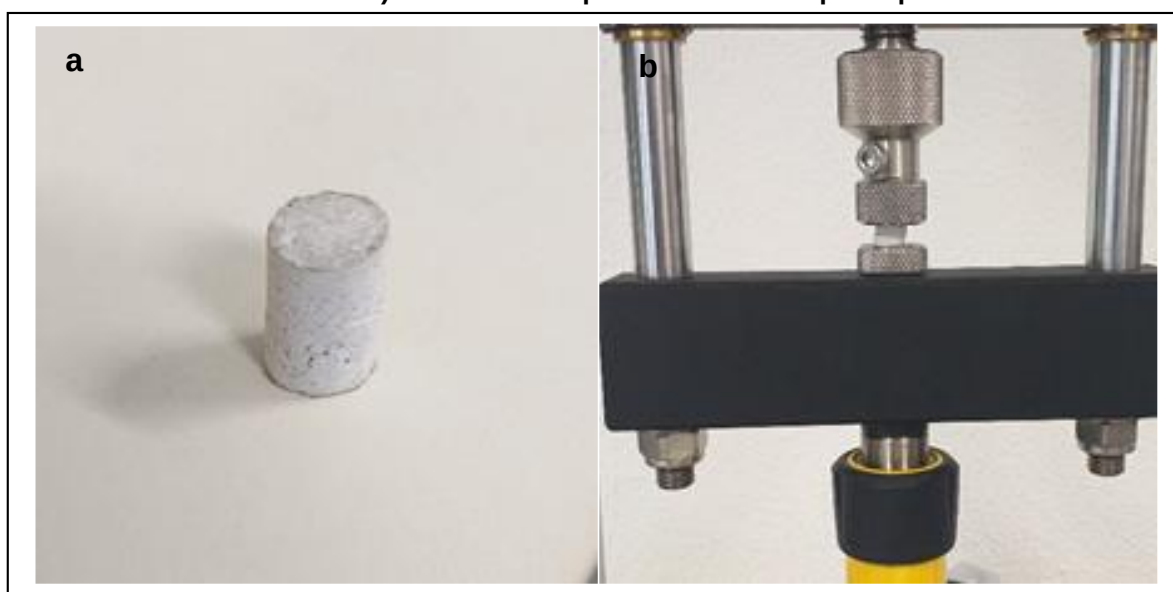
3.3 Teste físico-mecânico

Foi realizado o teste mecânico de compressão com o auxílio de uma máquina de ensaio universal da empresa ALGETEC, o teste foi realizado no Laboratório de Estruturas - LE do Centro Universitário INTA-UNINTA. Neste experimento foi utilizado corpos de provas com diferentes composições de misturas, conforme mostrou a Tabela 1, com o intuito de comparar os dados de diferentes composições entre si e também com dados da literatura, referente a outros produtos convencionais.

Para realizar o ensaio de compressão foi moldado para cada amostra dois corpos de prova cilíndricos de mesma condição, chamado teste em duplicata. Com a utilização de um paquímetro foi determinado uma dimensão média de 15 mm de altura e 10 mm de diâmetro, aproximadamente (Figura 3a), mostrando através de ensaios de resistência a compressão.

Posteriormente foi realizado o ensaio parte a parte, com cada corpo de prova em duplicata com o intuito de coletar dados e observar o comportamento do material (Figura 3b).

Figura 3 – Imagem do corpo de prova e da realização dos testes mecânico: a) corpo de prova cilíndrico e b) ensaio de compressão com o corpo de prova.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

4. Resultados e discussões

Com base no ensaio de resistência mecânico a compressão foi coletado os dados das diferentes composições dos corpos de provas. Em seguida, foi realizado um análise com

base na composição do material (Tabela 2). Fez-se necessário, um comparativo de dados, tendo como objetivo chegar uma composição ideal com uma resistência aceitável de acordo com comparativos.

Tabela 2 - Escala de composição dos corpos de prova (em %).

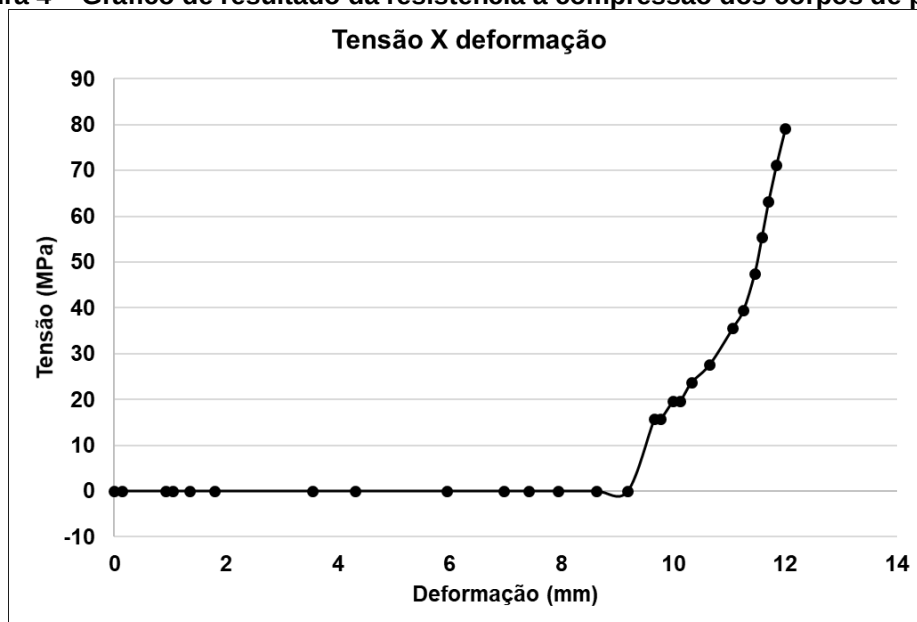
Amostra	Papel (%)	Cola branca (%)	Rejunte (%)	Água (%)
1	19,08	6,10	6,10	68,70
2	17,48	9,79	9,79	62,93

Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Diante dos dados apresentados na Tabela 2, observou-se na amostra 1 uma proporção total de 12,20% dos aglutinantes, sendo composto igualmente de 6,10% para cola branca como também de rejunte, a água utilizada em grande escala facilitou o manuseio do material possibilitando uma melhor inserção na matriz. Tornando o material facilmente desagregado, após a secagem, ressaltando que toda essa quantidade de água é evaporada no processo de estufa, considerando apenas a massa dos outros componentes no resultado final.

Destacando ainda a amostra 1, na qual possui uma menor proporção de aglutinantes em relação a amostra 2, observou-se que o material apresentava dificuldades em elevar o nível de tensão durante a realização do ensaio mecânico de compressão, possibilitando um alto índice de deformação ao comprimir, cerca de 8,5 mm, aproximadamente. Enquanto, neste ponto, o valor de tensão permanecia em praticamente zero. Com tudo, constatou-se que o material possui uma insuficiência na composição de aglutinantes, possibilitando fragilidade na ação de forças mecânicas. O nível máximo de tensão obtido no ensaio para amostra 1 foi de, aproximadamente. 80 MPa. Consideração que, no ponto em que apresentava tensão, o índice de deformação crescia em ritmo lento, pois a peça já estava bastante deformada por compressão, conforme mostra os dados do gráfico da Figura 3.

Figura 4 – Gráfico de resultado da resistência a compressão dos corpos de prova.

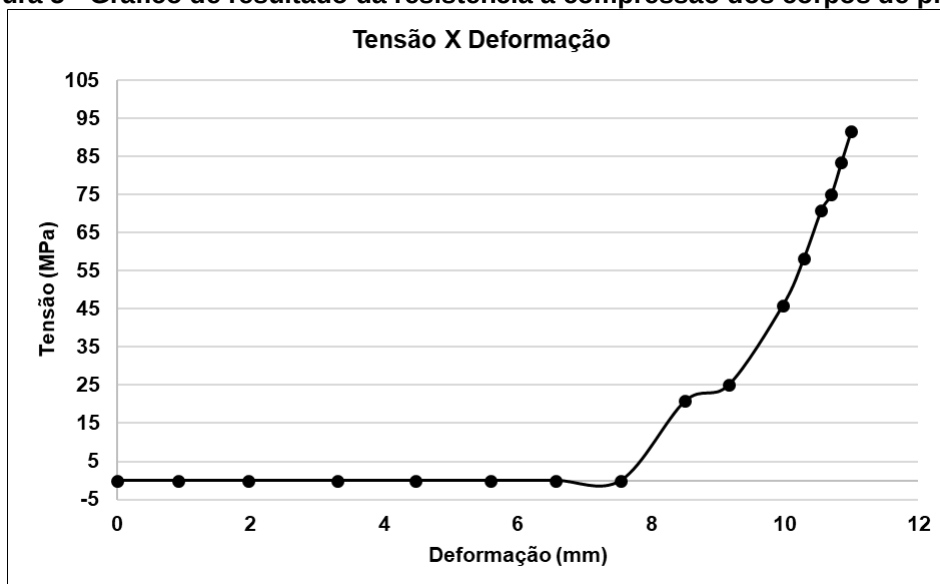


Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

Neste sentido, ao analisar a amostra 2 (Tabela 2), que contém um maior volume percentual de aglutinantes na composição, um total de 19,58%, sendo composto por 9,79% de cola branca e na mesma quantidade de rejunte, com base na amostra 1, foi realizado o mesmo procedimento com as mesmas condições para a amostra 2. Observou-se que a amostra 2 apresentou melhores resultados comparado com a amostra 1.

Além disso, foi constatado, através dos gráficos (Figura 4 e 5) que na amostra 1, ao nível de tensão foi maior que 0 MPa a partir da deformação de 8,5 mm. Já na amostra 2 observou que o resultado é distinto, consequentemente devido ao maior nível de aglutinante na composição o material que apresentou maior resistência, correspondendo a elevação no nível de tensão a partir do ponto de 7 mm de deformação, como mostra no gráfico da Figura 5.

Figura 5 - Gráfico de resultado da resistência a compressão dos corpos de prova.



Fonte: Elaborado pelo autor (2020).

5. Conclusão

A proposta desse estudo é reciclar papel e utilizá-lo como matéria-prima para fabricação de produtos sustentáveis para compor a construção civil de maneira que, beneficie tanto o meio ambiente e ofereça vantagens nas construções. A princípio o foco dos experimentos do estudo foi para produtos estruturantes que recebem ação de forças.

Com base nos resultados obtidos, conclui-se que é insuficiente a quantidade de aglutinante utilizado no resíduo de papel para compor produtos estruturantes do tipo blocos de alvenaria, propõe-se novos testes e pesquisas relacionadas, por tanto, o material não pode compor produtos que tenha a ação de forças. No entanto, o material é ideal para ser utilizado como matéria-prima na fabricação de placas de parede 3D, utilizadas na decoração de ambientes internos não sendo necessário nenhuma resistência estabelecida em normas.

De acordo com o que foi desenvolvido, surgiram oportunidades para projetos futuros seguindo a mesma linha de pesquisa, sendo essa para experimentos com placas para forro modular, utilizando o papel como matéria-prima principal na composição.

Referências

- ALVES, I.; SANTOS, J. **Gerenciamento do Resíduos Sólidos: Estudo de Caso de Uma Indústria de Papel Tissue em Campina Grande**, Revista Eletrônica Polêmica v. 9, n. 3, p. 051-061, 2012. Disponível em: <<http://www.polemica.uerj.br>>. Acessado em: 10 de fevereiro de 2019.
- BARBIERI, J. C. (2007). Organizações inovadoras sustentáveis. In: Barbieri, J. C, & Simantob, M. **Organizações inovadoras sustentáveis**: uma reflexão sobre o futuro das organizações. São Paulo: Atlas.
- BARBIERI, J. C.; VASCONCELOS, I. F. V.; ANDREASSI, T.; VASCONCELOS, F. C. **Inovação E Sustentabilidade**: Novos Modelos E Proposições. Revista de administração de empresas vol.50 no.2 São Paulo Apr./June 2010.
- CALEGARI, L.; HASELEIN, C.; BARROS, M.; SCARAVELLI, T.; DACOSTA, L.; PEDRAZZI, C.; HILLIG, E. **Adição de Aparas de Papel Reciclável na Fabricação de Chapas de Madeira Aglomerada**. Ciência Florestal, v. 14, n.1, 2004.
- CARVALHO, O.; VIANA, O. **Eco desenvolvimento e equilíbrio ecológico**: algumas considerações sobre o Estado do Ceará. Revista Econômica do Nordeste, v. 29, n. 2, p. 129-141, 1998.
- CIARLINI, A. G. C.; PINTO, D. C.; OSÓRIO, A. P. **Gesso, Tecnologia que Reduz Cargas e Custos na Construção Civil**. Areia: UFPE, 2001. 8f. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção.
- COSTA, M.; SILVA, Q.; LIMA, M.; PACHA, S. **Alvenaria Interna de Bloco de Gesso com Adição do Resíduo da Fabricação do Papel**. Apresentado em: Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC (2017), Belém – PA, Brasil.
- IBGE. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Agência de notícias IBGE -2018 – Disponível em: <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/20710-em-fevereiro-producao-industrial-variou-0-2>>. Acessado em: 9 de fevereiro de 2019.
- ROZENFELD, H.; FORCELLINI, F.A.; AMARAL, D.C.; TOLEDO, J.C.; SILVA, S.L.; ALLIPRANDINI, D.H.; SCALICE, R.K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.
- RUSSELL, D. A. M.; SHIANG, D. L. **Pensando em produtos mais sustentáveis**: utilizando uma ferramenta eficiente de educação para a sustentabilidade, inovação e gestão de projetos para estimular o pensamento sustentável em uma multinacional ACS. Química e Engenharia sustentáveis, v. 1, n. 1, p. 2-7, 2013.
- SENHORAS, E. M; TAKEUCHI, K. P; TAKEUCHI, K. P. **Gestão da Inovação no Desenvolvimento de Novos Produtos**. IV SEGeT – Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia (2007), Resende – RJ, Brasil.

SOUZA, A.; RODRIGUES, B.; FARIA, C.; JÚNIOR, C.; VALADÃO, G.; CRISTINE, H.; DUARTE, I.; COELHO, J.; SANTIAGO, L.; TEXEIRA, M.; SOUZA, L. **A Importância do Desenvolvimento Sustentável**. Publicado em 2009. Disponível em: <<http://bdjur.tjdft.jus.br/xmlui/handle/123456789/168>>. Acesso em 23 de abril de 2019.

TIDD, J.; BESSANT, J.; PAVITT, K. **Gestão da Inovação**. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2008.

WALDMAN, Maurício. **Reciclagem, Preservação Ambiental e o Papel dos Catadores no Brasil**. Série Resíduos Sólidos N°. 7. São Paulo (SP): Editora Kotev. 2018.