

AVALIAÇÃO DAS PROPRIEDADES MECÂNICAS DE COMPOSTOS PRODUZIDOS COM RESÍDUOS DA INDÚSTRIA MOVELEIRA*

Amanda de Andrade Prioli¹
Susana Marraccini Giampietri Lebrão²
Guilherme Wolf Lebrão³
Viviane Tavares de Moraes⁴

Resumo

A indústria de móveis gera cerca de 19.255.000 m³/ano de resíduos de madeira com potencial para reciclagem de materiais. Este projeto tem com o objetivo minimizar a destinação final de resíduos de Medium Density Fiberboard (MDF) através do desenvolvimento de um novo laminado de MDF reprocessado. Para tanto fez-se a coleta de MDF cru produzidos por corte a laser, em seguida o material foi triturado em moinho de facas e quartado. O resíduo de MDF triturado foi misturado com resina poliéster nas proporções de 1 para 3 de resina poliéster em peso. A partir da formulação foi feito um laminado de 3 a 4 mm de espessura, onde também foi desenvolvido corpos de prova para a realização de ensaios mecânicos, tais como ensaio de tração, flexão e impacto, para determinação das propriedades do novo laminado. Os resultados esperados são a identificação das proporções ideais entre resina e MDF triturado e a resistência a impacto, tração e flexão determinadas pelos ensaios mecânicos.

Palavras-chave: Resíduos de Madeira; Reciclagem; Ensaios Mecânicos;

MECHANICAL PROPERTIES EVALUATION OF COMPOUNDS PRODUCED WITH WASTE OF THE MOBILE INDUSTRY

Abstract

The furniture industry generates about 19,255,000 m³ / year of wood waste with potential for recycling of materials. This project aims to minimize the final destination of Medium Density Fiberboard (MDF) waste through the development of a reprocessed MDF laminate. In order to do so, the raw MDF was produced by laser cutting, then the material was ground in a knife mill and quartet. The crushed MDF residue was blended with polyester resin in the proportions of 1 to 3 polyester resin by weight. From the formulation a laminate of 3 to 4 mm thickness was made, where also test specimens were developed to perform mechanical tests, such as tensile, flexural and impact tests, to determine the properties of the new laminate. The expected results are the identification of the ideal proportions between resin and crushed MDF and the impact, tensile and flexural strength determined by the mechanical tests..

Keywords: Waste Wood; Recycling; Mechanical Tests.

¹ Engenharia Química, Iniciação Científica, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, Brasil.

² Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Professora Titular, Engenharia Mecânica, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, Brasil.

³ Doutor em Materiais, Professor, Engenharia Mecânica, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, Brasil.

⁴ Doutora em Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Professora, Engenharia Mecânica, Instituto Mauá de Tecnologia, São Caetano do Sul, SP, Brasil.

1 INTRODUÇÃO

A indústria moveleira no Brasil, assim como no mundo cresceu muito ao longo dos últimos anos, um estudo feito em 2008 pelo Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social – BNDES afirma que a produção de painéis no Brasil foi de 7,7 milhões de m³ em 2005, um aumento de 9,5% desde 1995.

Ao mesmo tempo que a reciclagem e o reaproveitamento de materiais vem sendo tema de discussões no mundo todo, onde a maioria dos projetos de produtos são desenvolvidos possuindo vertentes sustentáveis, no Brasil a grande maioria dos resíduos moveleiros das indústrias não possuem uma destinação correta. Segundo Corrêa et al. (2016), em Belo Horizonte o polo moveleiro gera 298 toneladas de resíduos, os quais apenas 16% têm destinação correta, o restante é estocado de maneira inadequada.

A partir disso o estudo baseou-se em desenvolver um novo material de compósito, por meio de resíduos gerados por indústrias moveleiras, buscando além de sustentabilidade, resistência e melhor custo benefício em termos de produção dos novos painéis. Para tal, foram feitos teste com e sem tratamento químico, merceirização, um processo que promove um aumento da rugosidade superficial da fibra, podem favorecer a ancoragem mecânica da mesma.

2 DESENVOLVIMENTO: MATERIAIS E MÉTODOS

Foram utilizados resíduos de MDF sem acabamento, cedido pelo Instituto Mauá de Tecnologia, resina poliéster e uma prensa mecânica manual sem aquecimento.

2.1 Placa de MDF

O material foi recortado em tiras de aproximadamente 5 cm de largura, para que se adaptassem a abertura de alimentação do triturador de facas. O MDF triturado grosseiramente foi submetido a processo de moagem em um moinho de facas tipo Willey com grelha de 1 mm.

Com o material triturado e cominuído foi feito o quarteamento, para manter a homogeneidade do material nas frações de menor tamanho. As frações quarteadas tinham aproximadamente 45 g +/- 3 g.

2.1.1 Tratamento do MDF triturado

Foram feitos dois tratamentos diferentes com MDF cominuído a fim de comparação de resultados e assim obter-se o tratamento mais vantajoso em termos de resistência e custo benefício.

Nesta etapa foram classificados 2 conjuntos de amostras:

- Amostra de MDF sem tratamento químico, seca em estufa durante 1h a 120 °C +/- 5°C, para retirar umidade do material cominuído.
- Amostra de MDF com tratamento químico de merceirização com NaOH 10 % em massa durante 1 hora em estufa a 120 °C, conforme apresentado na Figura 1.



Figura 1. Fluxograma simplificado do processo de merceirização.

Além das duas amostras de MDF triturado e reprocessado foi realizado ensaios mecânicos para um MDF comercializado para efeito de comparação do comportamento mecânicos dos painéis.

2.1.2 Confeção das novas placas com MDF reprocessado

As novas placas de MDF fabricadas a partir do resíduo de MDF foram compactadas com resina poliéster.

Para comparação das propriedades dos materiais e avaliação da rota de reciclagem dos resíduos de MDF foi realizado ensaios mecânicos com:

- MDF comercial (MC);
- MDF sem tratamento químico com resina poliéster (MR);
- MDF merceirizado com resina poliéster (MM) e
- Somente resina poliéster (R).

Para as amostras MR e MM foi realizada a mistura com resina poliéster na proporção mássica de 1: 3 de MDF cominuído para resina.

Com a mistura de MDF e resina foi adicionado 3 % em massa de catalisador butanox com relação a massa de resina.

A mistura já homogeneizada foi colocada em um molde vazado largura e comprimento de 20 cm x 20 cm, com espessura de 0,6 mm, envolvido com saco plástico acoplado a bomba a vácuo. Após a retirada do ar com a bomba a vácuo se iniciou a prensagem mecânica manual até o máximo de torque durante 2h para a confecção da nova placa de MDF reprocessado.

2.2 Preparação dos corpos de prova para ensaios mecânicos

As amostras de MDF classificadas como MC, MR e MM foram cortadas em uma serra tico-tico, lixadas as rebarbas da serra e em seguida foram para os ensaios mecânicos de flexão, tração e impacto.

A amostra somente de resina (R) foi produzida em molde silicone previamente preparado já com as dimensões para a realização dos ensaios de flexão, tração e impacto.

Os corpos de prova seguiram as normas ASTM D-7264 teste de flexão em compósitos, ASTM D-3039 teste de tração em compósitos e ASTM D-256 para testes de impacto.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Placa de MDF

Foi utilizado um lote inicial de 320g para ser homogeneizado e quarteado em 16 frações com aproximadamente 20g cada (Figura 2).



MDF triturado



MDF triturado e quarteado

Figura 2. Amostra de MDF triturado e quarteado.

3.2 Confecção das novas placas com MDF reprocessado

Foi utilizada uma proporção de 50g de MDF para 150g de resina poliéster e 4,5g de catalizador. Considerando as densidades do MDF e resina poliéster, respectivamente, $6,1 \times 10^5 \text{ g/m}^3$ e $1,1 \times 10^6 \text{ g/m}^3$, utilizou-se, em volume, $8,2 \times 10^{-5} \text{ m}^3$ de MDF e $1,4 \times 10^{-4} \text{ m}^3$ de resina poliéster.

As placas foram produzidas em prensa manual (Figura 3).



Prensa manual

Laminado com MDF
triturado**Figura 3.** Prensa manual e laminado com MDF triturado.

A partir das placas de MDF triturado foram retirados os corpos de prova para ensaios mecânicos.

3.4 Preparação dos corpos de prova para ensaios mecânicos

Os resultados dos ensaios mecânicos realizados em cada amostra foram apresentados nas Figuras 4 a 7.

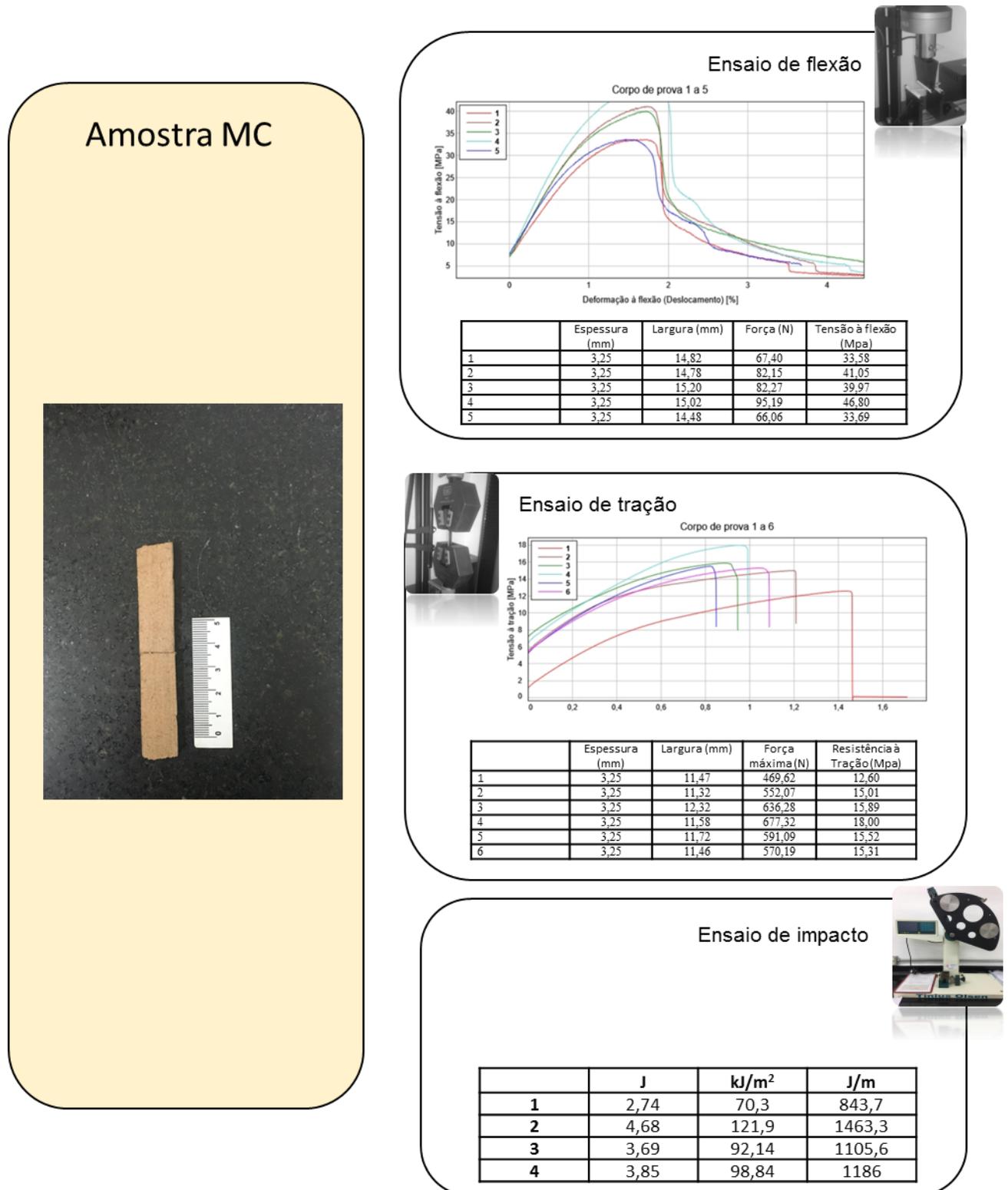
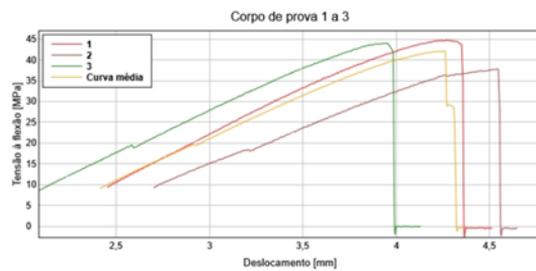


Figura 4. Resultados dos ensaios mecânicos de flexão, tração e impacto da amostra de MDF comercial.

Amostra MR

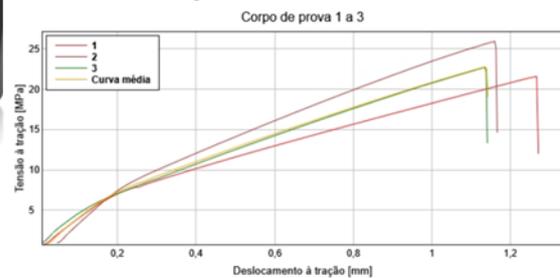


Ensaio de flexão



	Espessura (mm)	Largura (mm)	Força (N)	Tensão à flexão (Mpa)
1	3,58	12,78	84,20	44,72
2	3,59	12,64	70,78	37,80
3	3,75	12,76	90,81	44,03
Média	3,64	12,73	81,93	42,19
Desvio Padrão	0,10	0,08	10,21	3,81

Ensaio de tração



	Espessura (mm)	Largura (mm)	Força máxima (N)	Resistência à Tração (Mpa)
1	4,57	14,71	1451,70	21,59
2	3,85	13,92	1390,72	25,95
3	3,54	14,85	1192,77	22,73
Média	3,99	14,49	1345,73	25,42
Desvio Padrão	0,53	0,50	134,24	2,26

Ensaio de impacto

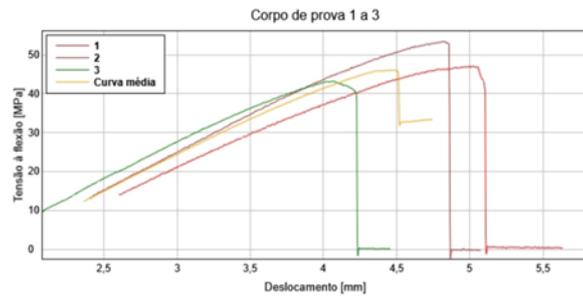
Pendulo 9,136N	J	kJ/m ²	J/m
1	0,222	5,16	67,6
2	0,173	3,55	44,4
3	0,186	4,15	51,8
4	0,229	5,59	73,8

Figura 5. Resultados dos ensaios mecânicos de flexão, tração e impacto da amostra de MDF triturado e reprocessado com resina poliéster sem tratamento químico.

Amostra MM

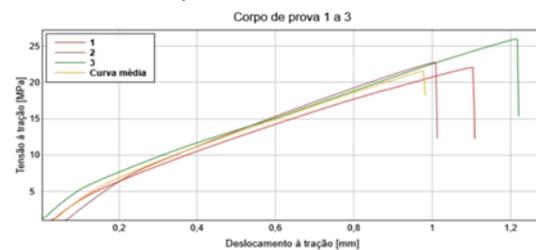


Ensaio de flexão



	Espessura (mm)	Largura (mm)	Força (N)	Tensão a Flexão (Mpa)
1	2,58	14,41	60,25	47,11
2	2,76	13,05	70,90	53,49
3	3,14	13,77	78,29	43,25
Média	2,83	13,74	69,81	47,95
Desvio padrão	0,29	0,68	9,07	5,17

Ensaio de tração



	Espessura (mm)	Largura (mm)	Força máxima (Mpa)	Resistência à tração (Mpa)
1	3,51	13,02	1007,86	22,05
2	3,23	14,20	1043,76	22,76
3	2,93	13,47	1026,23	26,00
Média	3,22	13,56	1025,95	23,60
Desvio padrão	0,29	0,60	17,95	2,11

Ensaio de impacto

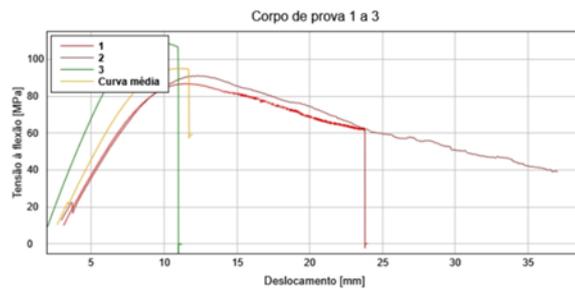
Pendulo 9,136N	J	kJ/m ²	J/m
1	0,222	5,13	74,3
2	0,212	4,86	66,0
3	0,221	6,23	83,5
4	0,254	7,31	106,1

Figura 6. Resultados dos ensaios mecânicos de flexão, tração e impacto da amostra de MDF triturado e reprocessado com resina poliéster com tratamento químico de merceirização.

Amostra R

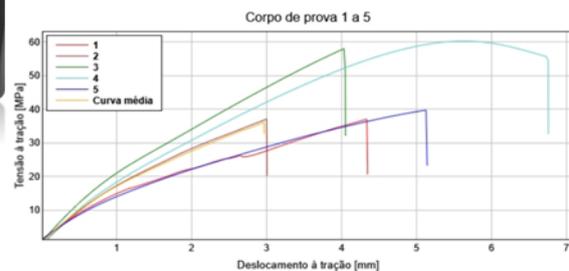


Ensaio de flexão



	Espessura (mm)	Largura (mm)	Força (N)	Tensão à flexão (Mpa)
1	4,13	9,39	151,73	86,68
2	3,98	8,12	128,14	91,15
3	4,40	9,63	222,93	109,41
Média	4,17	9,05	167,60	95,75
Desvio Padrão	0,21	0,81	49,35	12,04

Ensaio de tração



	Espessura (mm)	Largura (mm)	Força máxima(N)	Resistência à Tração(Mpa)
1	3,59	9,66	909,72	37,10
2	3,48	9,31	1201,70	37,09
3	3,61	9,50	1995,12	58,14
4	4,23	8,79	2242,18	60,28
5	4,20	8,85	1478,01	39,73
Média	3,82	9,22	1565,35	46,47
Desvio Padrão	0,36	0,39	550,58	11,70

Ensaio de impacto

Pendulo 9,136N	J	kJ/m ²	J/m
1	0,097	2,83	27,48
2	0,081	1,97	17,76
3	0,072	2,15	18,20
4	0,065	1,22	10,85
5	0,075	1,78	15,47

Figura 7. Resultados dos ensaios mecânicos de flexão, tração e impacto da amostra de resina poliéster.

Com os resultados dos ensaios mecânicos apresentados nas Figura 4 a 7 gerou-se a Tabela 1 com o resumo dos valores médios obtidos em cada amostra para comparação dos resultados.

Tabela 1 – Média dos resultados dos ensaios de flexão, tração e impacto das amostras de painel de MDF comercial; painel reprocessado com MDF triturado e resina poliéster; painel reprocessado com MDF triturado, merceirizado e com resina poliéster; e amostra de resina poliéster.

AMOSTRA	TENSÃO À FLEXÃO (MPA)	RESISTÊNCIA À TRAÇÃO (MPA)	RESISTÊNCIA AO IMPACTO (J/M)
MC	39,02	15,39	1149,65
MR	42,19	23,42	59,40
MM	47,95	23,60	82,48
R	95,75	46,47	17,89

Comparando os resultados tendo como base de referência a amostra MC (MDF comercial) e R (corpo de prova somente de resina) pode-se observar que em relação a tensão à flexão tanto o MDF tratado quimicamente (MM) e o não tratado (MR) apresentaram maior tensão com relação ao MC e o mesmo se observa para a resistência à tração, sendo que os valores para o MDF tratado e não tratado quimicamente são muito próximos, o que pode-se concluir que o processo de merceirização não contribui para melhor desempenho mecânico.

Com relação a resistência ao impacto nenhum dos MDFs reprocessados apresentaram resistência próxima da encontrada em MDF comercial.

A rota de reciclagem de MDF pós consumo poderia se iniciar com a moagem do material; preparação de novo painel de MDF com resina poliéster sem tratamento químico por merceirização. Contudo devido a sua baixa resistência ao impacto não se pode utilizar o MDF reprocessado para peças estruturais, somente se recomenda o uso para aplicações decorativas.

4. CONCLUSÃO

Com os resultados obtidos pode-se concluir que:

O MDF comercial (MC) analisado apresentou os valores médios de tensão à flexão de 39,02 Mpa; resistência à tração de 15,39 Mpa e resistência ao impacto de 1149,65 J/m.

O MDF triturado e reprocessado com resina poliéster (MR) apresentou os valores médios de tensão à flexão de 42,19 Mpa; resistência à tração de 23,42 Mpa e resistência ao impacto de 59,4 J/m.

O MDF triturado, merceirizado e reprocessado com resina poliéster (MM) analisado apresentou os valores médios de tensão à flexão de 47,95 Mpa; resistência à tração de 23,60 Mpa e resistência ao impacto de 82,48 J/m.

A amostra somente de resina poliéster (R) analisada apresentou os valores médios de tensão à flexão de 95,75 Mpa; resistência à tração de 46,47 Mpa e resistência ao impacto de 17,89 J/m.

O processo de merceirização não contribui para melhor desempenho mecânico, avaliando os resultados do ensaio de flexão e tração.

Com relação a resistência ao impacto nenhum dos MDFs reprocessados apresentaram resistência próxima da encontrada em MDF comercial.

A rota de reciclagem de MDF pós consumo poderia se iniciar com a moagem do material; preparação de novo painel de MDF com resina poliéster sem tratamento químico por merceirização, para peças com aplicações decorativas.

Agradecimentos

Ao CNPq pela bolsa Pibic 103233/2019-9

Referências

1. Almeida, A. L., Calado, V., Barreto, D. W., & Almeida, J. R. (s.d.). Efeito do Tratamento de Mercerização em Fibras de Curauá. Acesso em 24 de 04 de 2019
2. Castro, A. J., & Pires, A. T. (2003). *Resina poliéster: caracterização e estudo das condições de*. Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis. Acesso em 26 de 05 de 2019
3. Corrêa, G. R., & Policarpo, A. O. (2018). Ligno: material compósito com resíduo de madeira. Acesso em 27 de 05 de 2019
4. Torquato, L. P. (2008). CARACTERIZAÇÃO DOS PAINÉIS MDF COMERCIAIS. Acesso em 27 de 05 de 2019