

[54] **GLUE FOR WOOD LAMINATING
COMPRISING THERMOSETTING
CONDENSATION RESIN AND MODIFIED
PVA**

[75] Inventors: **Yasuo Taniguchi; Toshiharu Ike;
Hideo Nakaya**, all of Ohmi, Japan

[73] Assignee: **Denki Kagaku Kogyo Kabushiki
Kaisha**, Tokyo, Japan

[21] Appl. No.: **90,026**

[22] Filed: **Oct. 31, 1979**

[30] **Foreign Application Priority Data**

Oct. 31, 1978 [JP] Japan 53-133240

[51] Int. Cl.³ **C08L 61/32**

[52] U.S. Cl. **525/58; 156/327;
156/335; 260/29.3; 260/29.4 UA; 428/528;
428/529**

[58] **Field of Search** 525/58; 260/29.3, 29.4 UA

[56] **References Cited**

U.S. PATENT DOCUMENTS

2,111,006	3/1938	Robie	51/280
2,392,574	1/1946	Brown	525/58
3,617,429	11/1971	Le Blanc	525/58
3,734,918	5/1973	Mayer et al.	260/29.3
3,905,921	9/1975	Cone et al.	260/29.3

Primary Examiner—Theodore E. Pertilla

Attorney, Agent, or Firm—Stevens, Davis, Miller &
Mosher

[57] **ABSTRACT**

A glue for wood, comprising a thermosetting condensation resin and a modified polyvinyl alcohol having a hydrophobic group in the side chain thereof.

5 Claims, No Drawings

GLUE FOR WOOD LAMINATING COMPRISING THERMOSETTING CONDENSATION RESIN AND MODIFIED PVA

BACKGROUND OF THE INVENTION

1. Field of the Invention

This invention relates to a glue for wood, and more particularly to a glue for wood, comprising a modified polyvinyl alcohol having a hydrophobic group.

2. Description of the Prior Art

Generally, glues for wood are compositions which are obtained by causing thermosetting condensation resins such as, for example, urea-formaldehyde resin, melamine-formaldehyde resin, and phenolic resin to incorporate therein extenders and fillers such as wheat flour, starch, wood flour, nutshell flour, talc and clay. When such a glue is spread on a veneer for plywood, water contained in the glue permeates into the veneer or passes into the ambient air so that the glue starts drying up and setting before it undergoes thermal compression. Generally, this phenomenon is called dried out glue line, dry adhesion or presetting (hereinafter referred to collectively as "dryout phenomenon"). When the dryout phenomenon occurs during the production of plywood by union of veneers, the glue in use loses its adhesive strength. In an extreme case, the loss of the adhesive strength can be so serious as to induce layer delamination in the produced plywood. There is another possibility that not merely water but also the resin contained in the glue will permeate into the veneers. This phenomenon, called "glue line washout," entails loss of the adhesive force and layer delamination.

For the prevention of the phenomena of "dryout" and "glue line washout," measures such as (1) increasing the amount of glue applied, (2) increasing the water content of veneers to preclude the otherwise possible permeation, (3) causing the amounts of extender and filler contained in the glue to be increased beyond their usually accepted contents and thereby heightening the viscosity of the glue, (4) adding a cellulose derivative to the glue, and (5) adding a polyacrylic acid to the glue have been known to be effective. These measures have demerits of their own: The measure (1) is deficient in economy, the measure (2) suffers from poor capacity for temporary adhesion and, consequently, tends to entail development of contractions and warps in the plywood obtained by adhesion of veneers, the measure (3) results in a degradation of the adhesive force in water, the measure (4) impairs the adhesive force in water and the measure (5), though effective in improving the glue's resistance to the dryout phenomenon, fails to preclude the washout phenomenon and impairs the other physical properties.

SUMMARY OF THE INVENTION

For the purpose of overcoming the difficulties mentioned above, the present invention provides a glue for wood which has a specific modified polyvinyl alcohol incorporated into a conventional glue based on a thermosetting condensation resin and which, consequently, is capable of resisting the dryout phenomenon and excellent in adhesiveness.

This invention, therefore, relates to a glue for wood, which comprises a thermosetting glue and 0.2 to 5% by weight, based on the aforementioned thermosetting

glue, of a modified polyvinyl alcohol having a hydrophobic group in the side chain thereof.

DETAILED DESCRIPTION OF PREFERRED EMBODIMENT

Generally, a glue for wood is produced by incorporating an extender, a filler, water and a setting agent to a thermosetting condensation resin solution. The present invention provides a novel glue which has such a conventional glue further incorporate therein a modified polyvinyl alcohol (hereinafter referred to as "modified PVA") having a hydrophobic group in the side chain thereof.

The expression "thermosetting condensation resin" as used in the present invention refers to a resin of the type which undergoes condensational setting upon exposure to heat. Examples of such thermosetting condensation resins include urea-formaldehyde resins, melamine-formaldehyde resins, melamine-urea-formaldehyde resins, phenol-formaldehyde resins, melamine-phenol-formaldehyde resins and alkylphenol-phenol-formaldehyde resins.

The expression "modified PVA having a hydrophobic group in the side chain thereof" as used in the present invention refers to a PVA of the type which is obtained by copolymerizing vinyl acetate with a monomer having a hydrophobic alkyl group in the side chain thereof and thereafter hydrolyzing the vinyl acetate moiety of the resultant copolymer to a degree of not less than 75 mols% or to a PVA of the type which is obtained by either esterifying or etherifying the hydroxyl group of a PVA. Examples of monomers which possess a hydrophobic group in the side chain and are used in the aforementioned copolymerization include vinyl esters of aliphatic acids such as propionic acid, valeric acid, caprylic acid, lauric acid, stearic acid and versatic acid; alkyl vinyl ethers such as methyl vinyl ether, normal butyl ether, isobutyl vinyl ether, 2-ethylhexyl vinyl ether, octyl vinyl ether, lauryl vinyl ether and cetyl vinyl ether; and α -olefins such as propylene, butene-1, hexene-1, heptene-1, octene-1 and dodecene-1. The amount of the aforementioned modified PVA to be incorporated into the thermosetting condensation resin solution having a solids content of from 40 to 60% by weight is in the range of from 0.2 to 5% by weight, preferably from 0.5 to 3% by weight. The incorporation of the modified PVA is accomplished by adding either in its original form of powder or in the form of aqueous solution. Examples of extenders and fillers usable for this invention are wheat flour, starch, wood flour, nutshell flour, talc and clay. The extender and the filler are added in a total amount in the range of from 10 to 30% by weight based on the thermosetting condensation resin solution. Water which is used as an extender is added in an amount in the range of from 0 to 20% by weight based on the thermosetting condensation resin solution. The setting agent is used for the purpose of acceleration of the setting of a urea- or melamine-based resin such as urea-formaldehyde resin or melamine-formaldehyde resin. Examples of the setting agent are ammonium chloride and ammonium sulfate. The setting agent is added in an amount in the range of from 0.1 to 2% by weight based on the resin solution.

It is known that the glue using a modified PVA as a main component can be manufactured by either a pre-addition method or a post-addition method. In the case of the glue of this invention, although both methods can be effectively used, the post-addition method proves to

be more advantageous than the pre-addition method in terms of efficiency of the addition and convenience of the manufacturing procedure.

When plywood is manufactured by using the glue of this invention, there can be obtained plywood of improved adhesiveness and wood failure and high tenacity without entailing the dryout phenomenon and without reference to the length of the time spent in piling veneers one on top of another, the length of the layup time after piling veneers or the height of the temperature of veneers.

Now, the present invention will be described specifically with reference to working examples. It should be noted that this invention is not limited to these examples. Wherever parts are mentioned hereinafter, they are meant to be based on weight.

EXAMPLE 1

(A) Preparation of modified PVA - In liquid methanol, vinyl acetate and vinyl versate (produced by Shell Oil and marketed under trademark "Veova-10") were polymerized by an ordinary method and the resultant polymer solution was heated to have the unreacted vinyl acetate expelled with methanol vapor. The methanol solution of the vinyl acetate-vinyl versate copolymer was saponified with caustic soda to afford a modified PVA (I) containing 0.77 mols% of vinyl versate and having a saponification degree of 86.9 mol% and a degree of polymerization of 1570.

(B) Preparation of urea resin solution—A mixed solution was obtained by blending 200 parts of an aqueous 37% formalin solution, 100 parts of urea and 2.7 parts of a polyvinyl alcohol having an average polymerization degree of 1760 and a saponification degree of 99.8 mol% and then adjusted to pH 8 by addition thereto of

with 33 parts of urea and 10 parts of melamine. The resultant mixture was again held at 95° C. for 30 minutes to induce reaction of the reactants, then adjusted to pH 8 with an aqueous caustic soda solution and then left to cool off.

(C) Manufacture of glue—A glue was manufactured by combining the components indicated below in the amounts correspondingly shown below.

Urea resin solution: 100 parts

Wheat flour: 21 parts

Water: 17 parts

Ammonium chloride: 1 part

Modified PVA (I): 1 part

(D) Production of plywood—Plywood was produced by piling three red lauan veneers measuring 0.8 mm, 1.6 mm and 0.8 mm in thickness respectively and 15 cm×15 cm equally in area and having a water content of 5 to 7%, with the glue prepared in (C) above applied to the interfaces at a rate of 3.5 g/225 cm² (single side base), then cold pressing the resultant pile under 10 kg/cm² for 15 minutes and hot pressing it under 10 kg/cm² for 60 seconds at a temperature of 115° C. In this case, the veneers were piled up immediately after application of the glue to their interfaces.

The production of plywood described above was tried by varying the open assembly time (T1), namely the interval between the time the glue was applied to the interfaces and the time the pile of veneers was fed into the cold press, and the closed assembly time (T2), namely the interval between the time the pile was removed from the cold press and the time the pile was fed into the hot press.

The plywoods obtained in the varying test runs were tested for physical properties. The results were as shown in Table 1 below.

TABLE 1

Assembly time (min.)	T1	5	30	60	120	5	5	5
	T2	5	5	5	5	30	60	120
Temperature of veneer (°C.)	During glue application				35			
	During piling work and laying up				30			
Under normal conditions	Adhesive strength (kg/cm ²)	12.8	12.6	12.5	12.8	13.2	12.7	13.0
	Wood failure (%)	100	100	100	100	100	100	100
Dipped in hot water	Adhesive strength (kg/cm ²)	10.3	10.4	10.4	19.9	10.5	10.2	10.0
	Wood failure (%)	43	40	36	35	43	38	35

a mixed solution of acetic acid and aqua ammonia. The mixed solution was heated to 95° C. in 30 minutes and then held at 95° C. for 100 to 120 minutes to permit the reaction to proceed, with the first sign of a cloudy suspension appearing in the solution taken as the end point of the reaction. The solution was adjusted to pH 8 by addition of an aqueous caustic soda solution and mixed

COMPARATIVE EXAMPLE 1

The procedure of Example 1 was repeated, except the use of the modified PVA (I) was omitted. The results were as shown in Table 2.

TABLE 2

Assembly time (min.)	T1	5	30	60	120	5	5	5
	T2	5	5	5	5	30	60	120
Temperature of veneer (°C.)	During glue application				35			
	During piling work and laying up				30			
Under normal conditions	Adhesive strength (kg/cm ²)	11.6	10.5	10.2	9.5	10.3	9.8	10.2
	Wood failure (%)	100	100	100	98	100	100	96
Dipped in hot water	Adhesive strength (kg/cm ²)	10.1	8.5	8.1	7.9	9.4	8.7	8.1
	Wood failure (%)	45	30	22	4	32	13	9

EXAMPLE 2

Preparation of modified PVA—By following the procedure of Example 1, vinyl acetate and lauryl vinyl ether were copolymerized and then saponified to afford a modified PVA (II) containing 0.45 mol% of lauryl vinyl ether and having a polymerization degree of 1470 and a saponification degree of 87.7 mol%.

Preparation of phenol resin solution—116 parts of an aqueous 50% caustic soda solution was portionwise added to a mixture of 528 parts of an aqueous 37% formalin solution and 384 parts of phenol. During the addition, the temperature of the mixed solution rose owing to the heat of neutralization. Thus, the addition was continued while the reaction system was suitably cooled so as to keep the temperature from rising above 50° C. When the solution became transparent and ceased to evolve the heat of neutralization, the temperature of the solution was elevated to 90° C. in 40 to 50 minutes. At this temperature, the solution was allowed to undergo condensation for 60 minutes and then cooled. The resultant solution was found to have a

Manufacture of glue—A glue was manufactured by combining the components indicated below in the amounts correspondingly shown below.

Phenol resin solution: 100 parts

Wheat flour: 10 parts

Water: 10 parts

Modified PVA (II): 1 part

The glue thus manufactured was found to have a viscosity of 5000 cps (as determined with a Brookfield viscosimeter at 25° C., 30 rpm). Plywood was produced by following the procedure of Example 1, except that the glue manufactured in this example was used, the temperature of veneers used for the production of plywood was changed to 30° C. and 50° C. and the cold pressing was performed at 10 kg/cm² for five minutes and the hot pressing at 10 kg/cm² for three minutes at 135° C.

Of the various items of test conducted on the produced plywoods, the test by repeated boiling was carried out in accordance with U.S. Product Standard PS1-74. The results of the test were as shown in Table 3 below.

TABLE 3

Assembly time (min.)		T1	5	30	60	120	5	5	5
		T2	5	5	5	5	30	60	120
Temperature of veneer during piling work and laying up		°C.	30						
Temperature of veneer during glue application (°C.)	Under normal conditions	Adhesive strength (kg/cm ²)	12.1	12.6	12.4	12.1	12.6	13.6	13.6
		Wood failure (%)	96	98	100	100	98	100	95
	30 After repeated boiling	Adhesive strength (kg/cm ²)	12.4	12.6	12.6	11.7	13.3	13.1	12.0
		Wood failure (%)	93	90	91	87	90	85	85
		Resistance to dryout phenomemon (min.)	73						
	Under normal conditions	Adhesive strength (kg/cm ²)							
		Wood failure (%)							
	50 After repeated boiling	Adhesive strength (kg/cm ²)	12.4	12.3	11.9	12.1			
		Wood failure (%)	82	75	78	77			
		Resistance to dryout phenomenon (min.)	67						

solids content of 52% by weight, a viscosity of 580 cps (as determined with a Brookfield viscosimeter at 25° C., 30 rpm) and a pH 11.3.

COMPARATIVE EXAMPLE 2

The procedure of Example 2 was repeated, except that the addition of the modified PVA (II) was omitted. The results were as shown in Table 4 below.

TABLE 4

Assembly time (min.)		T1	5	30	60	120	5	5	5
		T2	5	5	5	5	30	60	120
Temperature of veneer during piling work and laying up		°C.							
		30							
Temperature of veneer during glue application (°C.)	Under normal conditions	Adhesive strength (kg/cm ²)	12.1	11.8	11.6	11.1	11.9	10.9	11.4
		Wood failure (%)	91	94	94	96	93	85	80
	30 After repeated boiling	Adhesive strength (kg/cm ²)	11.2	10.8	10.3	10.6	11.3	10.8	10.7
		Wood failure (%)	82	75	68	68	66	67	69

TABLE 4-continued

Assembly time (min.)	T1	5	30	60	120	5	5	5
	T2	5	5	5	5	30	60	120
	(%)							
	Resistance to dryout phenomenon (min.)					27		
	Under normal conditions	Adhesive strength (kg/cm ²)						
		Wood failure (%)						
50	After repeated boiling	Adhesive strength (kg/cm ²)	10.3	9.5	9.1	8.9		
		Wood failure (%)	60	65	43	35		
	Resistance to dryout phenomenon (min.)					14		

COMPARATIVE EXAMPLE 3

The procedure of Example 2 was followed, except that a PVA having a polymerization degree of 2030 and a saponification degree of 87.5 mol% was used in the place of the modified PVA (II). The glue used in this case had a viscosity of 4400 cps (at 25° C., 30 rpm). The results were as shown in Table 5 below.

TABLE 5

Assembly time (min.)		T1	5	30	60	120
		T2	5	5	5	5
Temperature of veneer during piling work and laying up		°C.	30			
Temperature of veneer during glue application (°C.)	50	Adhesive strength (kg/cm ²)	11.5	10.8	10.2	10.0
		Wood failure (%)	78	62	58	35
Resistance to dryout phenomenon (min.)			27			

EXAMPLE 3

The procedure of Example 2 was followed, except that the glue which was prepared by varying the amount of the modified PVA (II) added was used, the time of piling between the time the glue was applied and the time the pile of veneers was subjected to the cold pressing was changed to 5 minutes and the time of piling between the time the pile was discharged from the cold press and the time it was fed into the hot press was changed to 60 minutes. The results were as shown in Table 6.

TABLE 6

Glue composition (parts)	Phenol resin	100	100	100	100
	Wheat flour	10	10	10	10
	Water	10	10	10	10
	Modified PVA (II)	0	0.5	1.0	1.5
	Carboxymethyl cellulose	—	—	—	—
Viscosity of glue (cps)		2500	3000	4500	6000
Assembly time (min.)	T1		5		
	T2		60		
Temperature of veneer during glue application (°C.)			30		
Temperature of veneer during piling work and laying up (°C.)			30		
Repeated boiling	Adhesive strength (kg/cm ²)	10.1	11.9	12.9	13.7

TABLE 6-continued

Wood failure (%)	68	75	85	93
------------------	----	----	----	----

COMPARATIVE EXAMPLE 4

The procedure of Example 3 was followed, except that carboxymethyl cellulose (produced by Daiichi Kogyo Seiyaku Co., Ltd., and marketed under trademark "Cellogen WSC") was used in the place of the modified PVA (II). The results were as shown in Table 7 below.

TABLE 7

Glue composition (parts)	Phenol resin	100	100	100	100
	Wheat flour	10	10	10	10
	Water	10	10	10	10
	Modified PVA (II)	—	—	—	—
	Carboxymethyl cellulose	0	0.5	1.0	1.5
Viscosity of glue (cps)		2500	5000	9000	15000
Assembly time (min.)	T1		5		
	T2		60		
Temperature of veneer during glue application (°C.)			30		
Temperature of veneer during piling work and laying up (°C.)			30		
Repeated boiling	Adhesive strength (kg/cm ²)	10.1	9.9	8.6	8.1
	Wood failure (%)	68	65	58	50

EXAMPLE 4

Preparation of modified PVA—By following the procedure of Example 1 and using hexene-1 in the place of vinyl versatate, polymerization and saponification were performed to afford a modified PVA (III) containing 0.62 mol% of hexene and having a polymerization degree of 1550 and a saponification degree of 87.2 mol%.

Manufacture of glue—A glue was manufactured by combining the components indicated in Table 8 including the phenol resin solution obtained in Example 2.

TABLE 8

Phenol resin solution	65
Wheat flour	3
Nutshell flour	10
Water	23
Aqueous 50% caustic soda solution	5
Modified PVA (III)	0.6

The glue thus obtained had a viscosity of 2700 cps (at 25° C., 30 rpm).

Production of plywood—A three-ply plywood was produced by piling three veneers of Douglas fir of the U.S. origin measuring 2.6 mm each in thickness and 15 cm×15 cm each in area and having a water content of 5 to 7%, with the glue applied to the interfaces at a rate of 3.5 g/225 cm², then cold pressed under 10 kg/cm² for five minutes and hot pressed under 10 kg/cm² for three minutes at 135° C. The open assembly time, namely the interval between the time the glue was applied and the time the pile of veneers was cold pressed, was 5 minutes and the closed assembly time, namely the interval between the time the pile was discharged from the cold press and the time it was fed to the hot press, was 5 minutes, 60 minutes and 120 minutes. The results were as shown in Table 9 below.

TABLE 9

Assembly time (min.)	T1	5	60	120
	T2			
Temperature of veneer during glue application (°C.)			30	
Temperature of veneer during piling work and laying up (°C.)			30	
Adhesive strength (kg/cm ²)	9.9	9.7	10.5	
Wood failure (%)	88	88	95	

COMPARATIVE EXAMPLE 5

The procedure of Example 4 was followed, except that the use of the modified PVA (III) was omitted. The results were as shown in Table 10 below.

TABLE 10

Assembly time (min.)	T1	5	60	120
	T2			
Temperature of veneer during glue application (°C.)			30	
Temperature of veneer during piling work and laying up (°C.)			30	
Adhesive strength (kg/cm ²)	8.9	8.3	8.3	
Wood failure (%)	80	66	62	

EXAMPLE 5

In accordance with the procedure of Example 4, a glue was manufactured by using a modified PVA (IV) containing 1.52 mol% of vinyl propionate and having a polymerization degree of 1710 and a saponification degree of 82.5 mol%. By using this glue, plywoods were made of veneers of Southern Pine in the same procedure as used in Example 4. The plywoods obtained under varying conditions were tested for adhesive strength and wood failure after repeated boiling. The results were as shown in Table 11 below.

TABLE 11

Assembly time (min.)	T1	5	60	120
	T2			
Temperature of veneer during glue application (°C.)			30	
Temperature of veneer during piling work and laying up (°C.)			30	
Adhesive strength (kg/cm ²)	13.1	12.5	12.00	
Wood failure (%)	95	96	93	

EXAMPLE 6

In accordance with the procedure of Example 4, a glue was manufactured by using a modified PVA (V) containing 0.32 mol% of cetyl vinyl ether and having a polymerization degree of 1560 and a saponification degree of 92.7 mol%. By using this glue, plywoods were made of veneers of Southern Pine in the same procedure as used in Example 4. The plywoods obtained under varying conditions were tested for adhesive strength and wood failure after repeated boiling. The results were as shown in Table 12 below.

TABLE 12

Assembly time (min.)	T1	5	60	120
	T2			
Temperature of veneer during glue application (°C.)			30	
Temperature of veneer during piling work and laying up (°C.)			30	
Adhesive strength (kg/cm ²)	13.6	12.7	12.0	
Wood failure (%)	94	92	86	

EXAMPLE 7

In accordance with the procedure of Example 4, a glue was manufactured by using a modified PVA (VI) containing 0.13 mol% of octene-1 and having a polymerization degree of 1120 and a saponification degree of 88.2 mol%. By using this glue, plywoods were made of veneers of Southern Pine in the same procedure as used in Example 4. The plywoods obtained under varying conditions were tested for adhesive strength and wood failure after repeated boiling. The results were as shown in Table 13 below.

TABLE 13

Assembly time (min.)	T1	5	60	120
	T2			
Temperature of veneer during glue application (°C.)			30	
Temperature of veneer during piling work and laying up (°C.)			30	
Adhesive strength (kg/cm ²)	12.1	11.5	11.4	
Wood failure (%)	98	98	92	

The physical properties of plywoods obtained in the working examples cited above were determined by the methods described below.

1. The adhesive strength and the wood failure under normal conditions and under hot water test were determined by the tests specified by the Japanese Agricultural Standard. The test of plywood under hot water was performed by the following method. A test piece was dipped in water at 60°±3° C., for 3 hours, and thereafter it was cooled in cold water and tested, in its wet state, on a tensile tester.
2. The test of plywood after repeated boiling was performed in accordance with the U.S. Product Standard PSI-74. Specifically, a test piece was boiled for four hours and then dried under thoroughly ventilated ambience at 145°±5° F. for 20 hours. In this case, the total dry weight was fixed to be less than the standard water content of 8.0% by weight. The same test piece was again boiled for four hours, then cooled in cold water and tested, in its wet state, on a tensile tester with the maximum

load application rate of 16 inches/min. until breakage.

3. Test for resistance to dryout phenomenon—A given red lauan veneer measuring 15 cm×15 cm in area and 1.6 mm in thickness and having a water content of 5 to 7% was kept at normal room temperature, and 3.5 g of a glue was applied to one surface of the veneer. Immediately after the application of the glue, a procedure of slightly pressing a cotton-bud against the glue-applied surface and pulling it from the surface to see if cotton fibers of the cotton bud would remain sticking to the glue was observed to determine the interval (in minutes) between the time the glue was applied to the veneer and the time the glue ceased to get hold of cotton fibers from the cotton bud.

What is claimed is:

1. A glue for wood laminating which comprises a thermosetting condensation resin and a modified polyvinyl alcohol having a hydrophobic group in the side chain thereof, said modified polyvinyl alcohol being present in an amount 0.2 to 5% by weight based on the thermosetting glue and being produced by copolymerizing vinyl acetate and a monomer having a hydrophobic alkyl group in the side chain thereof and subsequently saponifying the vinyl acetate moiety of the resultant copolymer to a degree of not less than 75 percent or by esterifying or etherifying hydroxyl groups of a polyvinyl alcohol, said monomer used for said copolymerization being at least one member selected from the group consisting of vinyl esters of aliphatic acids and alkyl vinyl ethers.

2. The glue for wood according to claim 1, wherein the thermosetting condensation resin is at least one member selected from the group consisting of urea-formaldehyde resins, melamine-formaldehyde resins, melamine-urea-formaldehyde resins, phenol-formaldehyde resins, melamine-phenol-formaldehyde resins and alkyl-phenol-phenol-formaldehyde resins.

3. The glue for wood laminating according to claim 1, wherein said copolymerized monomer is selected from the group consisting of vinyl esters of propionic acid, valeric acid, caprylic acid, laurylic acid, stearic acid, and versatic acid, and alkyl vinyl ethers selected from the group consisting of methyl vinyl ether, normal butyl vinyl ether, iso-butyl vinyl ether, 2-ethylhexyl vinyl ether, octyl vinyl ether, lauryl vinyl ether and cetyl vinyl ether, and α -olefines selected from the group consisting of propylene, butene-1, hexene-1, heptene-1, octene-1 and dodecene-1.

4. The glue for wood laminating according to claim 3, wherein the modified polyvinyl alcohol having a hydrophobic group in the side chain is obtained by copolymerizing vinyl acetate and a monomer having said hydrophobic alkyl group in the side chain thereof and subsequently saponifying the vinyl acetate moiety of the resultant copolymer to a degree of not less than 75 mol percent.

5. The glue for wood laminating according to claim 3, wherein the modified polyvinyl alcohol having a hydrophobic group in the side chain is obtained by esterifying or etherifying the hydroxyl group of a polyvinyl alcohol.

* * * * *

35

40

45

50

55

60

65



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
Câmpus de Itapeva

ALEXANDRE CASTELHANO

**CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS
LIGNOCELULÓSICOS PARA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE
UTENSÍLIOS DE JARDINAGEM**

Itapeva - SP
2015

ALEXANDRE CASTELHANO

**CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS
LIGNOCELULÓSICOS PARA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE
UTENSÍLIOS DE JARDINAGEM**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” – Câmpus de Itapeva, como requisito para a conclusão do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Orientador: Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves

Itapeva - SP
2015

Castelhano, Alexandre

C348c Caracterização de materiais compósitos lignocelulósicos para aplicação na produção de utensílios de jardinagem / Alexandre Castelhano. -- Itapeva, SP, 2015

62 f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado – Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Campus Experimental de Itapeva, 2015

Orientador: Marcos Tadeu Tibúrcio

Banca examinadora: Glaucia Aparecida Prates, João Carlos Biazzon

Bibliografia

1. Resíduos vegetais. 2. Lignocelulose. 3. Materiais compostos. I. Título.

CDD 674.836

ALEXANDRE CASTELHANO

**CARACTERIZAÇÃO DE MATERIAIS COMPÓSITOS
LIGNOCELULÓSICOS PARA APLICAÇÃO NA PRODUÇÃO DE
UTENSÍLIOS DE JARDINAGEM.**

Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Industrial Madeireira, da Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: _____
Prof. Dr. Marcos Tadeu Tibúrcio Gonçalves
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

2º Examinador: _____
Prof.^a Dr.^a Gláucia Aparecida Prates
Universidade Estadual Paulista - UNESP - Campus Experimental de Itapeva.

3º Examinador: _____
Prof. Esp. João Carlos Biazzon
E.E. Prof.^a Zulmira de Oliveira

Itapeva, 12 de junho de 2015.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente agradeço a Deus, a minha família. Ao meu orientador Marcos Tadeu pela paciência e dedicação nessa orientação. Ao JC pela ajuda na produção dos testes e na correção ortográfica deste trabalho. Ao Richard pela ajuda na produção dos testes. A professora Glaucia pelo apoio e incentivo. Ao professor Ivaldo por ceder o laboratório e a todos que ajudaram o presente trabalho.

RESUMO

Considerando a grande geração de resíduos florestais e agroindustriais produzidos respectivamente, nas indústrias de processamento da madeira e em colheitas das lavouras de cana de açúcar e de grãos da região sudoeste paulista, bem como o destino dos resíduos originados nos processos produtivos, os quais, geralmente são empregados como biomassa na geração de energia em usinas de álcool e açúcar, em olarias na produção de produtos cerâmicos, em granjas como forração de dejetos das aves, dentre outras aplicações de baixo valor agregado desses materiais. Objetivou-se no presente trabalho, estudar as características e propriedades de fibras vegetais e partículas de madeira na forma de cavacos de aplainamento, a partir do desenvolvimento de técnicas de produção de vasos para uso em jardinagem a fim de se obter um produto com características físicas e de resistência mecânica similar aos vasos do tipo “xaxim”, como antigamente produzidos com material do caule de palmeiras. Durante o desenvolvimento do processo produtivo, para diferentes granulometrias das partículas, foram testados os seguintes materiais: cavacos de madeira das espécies de Imbuia e Pinus, bagaço de cana, fibras de coco e de sapé. O adesivo utilizado para encolamento dos materiais que apresentou melhor adequação ao tipo de mistura foi o Acetato de Polivinila (PVA), diluído em diferentes proporções de água ou empregado sem diluição. Os vasos foram montados em moldes de alumínio, secos posteriormente em estufa elétrica e desmoldados com diferentes produtos (filme de celofane, silicone, vaselina e cera à base de carnaúba). Os resultados foram analisados e discutidos com base na geometria, homogeneização da mistura, densidade, rigidez e conteúdo proporcional de adesivo, para cada tipo de material testado.

Palavras-chave: Partículas de madeira, Fibras vegetais, Produção de vasos, Adesivo para madeira.

ABSTRACT

Considering the great generation of forest and agro-industrial waste produced respectively in the wood processing industries and crops of sugarcane crops of sugar and grains from the state southwest region as well as the fate of the waste generated in production processes, which generally They are used as biomass in power generation in sugar and alcohol mills, brick kilns in the production of ceramic products in farms as lining of bird waste, among other low value-added applications of these materials. The objective of the present work, study the characteristics and plant fibers properties and wood particles in the form of planing chips, from the development of vessel production techniques for use in gardening in order to obtain a product with physical characteristics and similar mechanical strength to the vessels of the "tree fern" as formerly produced with stem material of palm trees. During the development of the production process, for different grain sizes of the particles, the following materials were tested: wood chips species Imbuia and Pinus, sugarcane bagasse, coconut fibers and thatch. The adhesive used for sizing of the materials presented better match the type of mixture was the Polyvinyl Acetate (PVA) diluted in different proportions of water or used undiluted. The pots were placed in aluminum molds, then dried in electrical oven and demolded with different products (cellophane film, silicon, or carnauba wax and petrolatum base). The results were analyzed and discussed based on geometry, homogenization of the mixture, density, stiffness and proportional content of adhesive for each material tested.

Keywords: Wood particles, vegetable fibers, production vessels, Adhesive for wood.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Substrato de Fibra Coco.....	12
Figura 2: Placa de Fibra de Coco.....	13
Figura 3: Estaca de Fibra de Coco.....	13
Figura 4: Vaso de Parede de Fibra de Coco.....	14
Figura 5: Vaso de Fibra de Coco.....	14
Figura 6: TRF 400 Super - TRAPP.....	19
Figura 7: Principais Componentes – TRAPP TRF 400 Super.....	20
Figura 8: Disposição das Facas, Peneiras e Encaixe da Peneira.....	21
Figura 9: Foto das Facas e Martelos.....	21
Figura 10: Colocação da Peneira.....	22
Figura 11: Balança semi analítica.....	22
Figura 12: Dosador.....	23
Figura 13: Esborrifador.....	24
Figura 14: Bacia.....	24
Figura 15: Estufa.....	25
Figura 16: Pré-prensa.....	26
Figura 17: Prensa Hidráulica à quente.....	26
Figura 18: Silicone aerossol.....	28
Figura 19: Prensagem à quente com o painel de sapé.....	30
Figura 20: Separação do Material.....	32
Figura 21: Mistura do material com o adesivo diluído.....	32
Figura 22: Formação do colchão.....	32
Figura 23: Prensagem a 15kgf de força.....	33
Figura 24: Painéis Pronto.....	33
Figura 25: Geometria do Vaso.....	34
Figura 26: Mistura Manual de Adesivo.....	35
Figura 27: Vaselina sendo aplicada.....	36
Figura 28: Borda Esborrifada.....	37
Figura 29: Vaso 1.....	37
Figura 30: Vaso 2.....	38
Figura 31: Vaso 3.....	39
Figura 32: Batedeira para fazer bolo.....	43

Figura 33: Vaso AP4n.....	43
Figura 34: Molde interno furado com broca 8mm.....	44
Figura 35: Painel de Sapé.....	49
Figura 36: Painéis de Bagaço de Cana.....	50
Figura 37: Material colado no molde.....	51
Figura 38: Desmoldante de papel celofane.....	52
Figura 39: Vasos Classe A - 1.....	53
Figura 40: Vasos Classe A - 2.....	54
Figura 41: Vasos Classe B.....	55
Figura 42: Vasos Classe S.....	56
Figura 43: Comparação dos vasos de imbuia.....	57
Figura 44: Comparação dos vasos de bagaço de cana.....	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dimensões das Estacas e Placas de fibra de coco [cm].....	15
Tabela 2: Dimensões dos Vasos de fibra de coco [cm].....	15
Tabela 3: Principais Componentes do triturador TRF 400 Super.....	20
Tabela 4: Materiais e geometrias.....	27
Tabela 5: Painéis de Bagaço de Cana com adesivo PVA.....	31
Tabela 6: Nomenclatura e dimensões do vaso.....	35
Tabela 7: Classe A.....	41
Tabela 8: Classe B.....	46
Tabela 9: Classe S.....	48

LISTA DE SIGLAS

WPC	Compósito Plástico Madeira (Wood Plastic Composite)
PVA	Poliacetato de Vinila (polyvinyl acetate)

LISTA DE SÍMBOLOS

mm	Milímetro
V	Volts (Quando for unidade, ex: U=110V)
rpm	Rotação por Minuto
cv	Cavalo Vapor
g	Gramas
min	Minutos
p12	Material Picado no forrageiro TRF400Super com peneira 12 mm
m/m	Relação massa/massa
ex:	Exemplo
CP	Corpo de Prova
m	Massa
F	Força
P	Pressão ou Tensão (Força/Área)
t	Tempo
T	Temperatura
kg _f	Quilograma força
cm	Centímetro
Pa	Pascal
L	Litros
Tam.	Tamanho
V	Volume (quando for variável)
p	Material Picado sem Peneira
p5	Material Picado em Peneira 5mm

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	10
2 FIBRAS VEGETAIS E PARTÍCULAS DE MADEIRA.....	11
2.1 Fibras Vegetais.....	11
2.2 Partículas de Madeira.....	17
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	19
3.1 Equipamentos Empregados.....	19
3.2 Materiais Utilizados.....	27
3.2.1 Fibras Vegetais e Partículas de Madeira.....	27
3.2.2 Desmoldantes.....	28
3.2.3 Adesivos.....	29
3.3 Testes Preliminares.....	29
3.3.1 Pannel de sapé.....	29
3.3.2 Painéis de Bagaço de Cana.....	31
3.3.3 Produção de Vasos.....	33
3.4 Classe “A”.....	39
3.5 Classe “B”.....	45
3.6 Classe “S”.....	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	49
4.1 Testes Preliminares.....	49
4.1.1 Pannel de sapé.....	49
4.1.2 Painéis de bagaço de cana.....	49
4.2 Produção de vasos.....	50
4.2.1 Produção de vasos Classe “A”.....	51
4.2.2 Produção de Vasos Classe “B”.....	54
4.2.3 Produção de Vasos Classe “S”.....	55
4.3 Comparação entre vasos classes “A”, “B” e “S”.....	56
4.3.1 Imbuia.....	56
4.3.2 Bagaço de Cana.....	57
4.4 Recomendações para produção de vasos lignocelulósicos.....	58
5 CONCLUSÕES.....	59
6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	61

1 INTRODUÇÃO

O xaxim (*Dicksonia sellowiana*) é uma planta que se destaca pelo seu caule, muito usado em substrato, estacas e vasos. O substrato é desenvolvido pelo desfibramento do caule, as estacas e vasos são peças sólidas usinadas do caule da planta. A grande procura desse material é devido a aceitação das plantas no material xaxim e a sua grande vida útil (o xaxim dificilmente apodrece). Este foi proibido de ser comercializado devido a sua extração desenfreada na mata atlântica, o que ocasionou a ameaça de extinção para a planta. Atualmente só é possível vender o xaxim através de viveiros autorizados pelos órgãos ambientais.

As fibras vegetais são materiais bastante usados no país, como as fibras de coco que são usadas para produção substratos, enchimento de estofamentos, tapetes, cordames, vasos, etc. O material é obtido através do desfibramento do coco, que muitas vezes são rejeitos do consumo da água de coco *in natura*. O sisal é uma fibra bastante utilizada na produção de cordames biodegradáveis. O bagaço de cana é um material bastante abundante no estado de São Paulo, seu uso é quase sempre destinado para queima em caldeira, por possuir um bom poder calorífico e ser rejeito do processo, as usinas acabam utilizando na própria caldeira e o excedente de energia costuma ser vendido para as operadoras de energias. Desse modo esse trabalho visa utilizar fibras vegetais na produção de utensílios de jardinagem.

Nas serrarias, uma parte da matéria-prima é transformada em rejeito nos processos e muitas vezes são descartadas em pátios ou queimadas em fornalhas e caldeiras. A madeira é um material nobre e muitas vezes a falta de conhecimento levam a pensar que o rejeito desse material, só serve para queimar, ou forragem, porém existem outras aplicações para essas partículas, que são a produção de painéis aglomerados, pellets, briquetes, celulose e papel. As grandes e médias indústrias que produzem painéis aglomerados, normalmente não utilizam cavacos de outros processos para incorporar na sua matéria-prima, pois nas regiões onde se encontram não há grandes volumes de rejeitos e a geometria da partícula pode variar muito, o que pode diminuir a qualidade do painel e pode aumentar o gasto com adesivo. Por isso, esse trabalho visa demonstrar outras maneiras de utilizar o rejeito de cavaco de madeira, através de produtos similares ao xaxim.

2 FIBRAS VEGETAIS E PARTÍCULAS DE MADEIRA

2.1 Fibras Vegetais

As fibras são derivadas das plantas e são utilizadas desde a pré-história para várias atividades como: trançados, vestuários, adornos, cordoarias, alimentos, etc. São fundamentais para o desenvolvimento sociais e econômicos entre povos de diversas épocas (HENDGES, 2015).

Na atualidade há um grande interesse mundial pelo desenvolvimento de novas tecnologias que utilizem produtos de menor impacto ambiental. Por isso plásticos sintéticos estão perdendo suas vantagens comerciais devido a questões como, não ser biodegradável e a sua dificuldade de ser reciclado, o que acaba gerando muitos resíduos em aterros sanitários. Para solucionar esse problema, vários estudos estão sendo realizados na área de compósitos poliméricos para garantir a preservação ambiental e tornar o padrão de vida mais sustentável. Entre as pesquisas desta área, vem se destacando as que buscam aplicação para modificadores naturais, com utilização de fibras naturais (MARINELLI *et al.*, 2008).

Uma das formas de materiais poliméricos são as fibras. São descritas como, flexíveis, macroscopicamente homogêneas e alta relação entre comprimento e seção transversal. As propriedades físicas da fibra variam de acordo com sua estrutura química no qual cada fibra varia seu aspecto quando analisada microscopicamente. Sua classificação é através da sua origem: Natural ou Sintética. As fibras naturais são subclassificadas em: Animais, Vegetais e Minerais. As fibras vegetais possuem características bastante heterogêneas pois dependem de vários fatores como: tipo de solo, condições climáticas, fertilizantes, tipo de colheita, etc (SANTOS, 2006).

Deve ser dado destaque a utilização de fibras vegetais em razão de enormes variedades de plantas na biodiversidade e de ser um recurso renovável. Diversas fibras vegetais são produzidas no mundo e usualmente são chamadas por materiais lignocelulósicos. No nosso país possuem uma gama de fibras vegetais com diferentes propriedades físicas, químicas e mecânicas (MARINELLI *et al.*, 2008).

Recentemente as fibras naturais estão sendo utilizadas como materiais absorventes de metais pesados no tratamento de resíduos industriais. A indústria automotiva também vem utilizando compósitos com fibras vegetais por motivos técnicas e comerciais. Como o fato das fibras vegetais serem menos abrasivas que

as fibras inorgânicas, causando menor desgastes dos equipamentos envolvidos no processo e serem biodegradáveis que poderão ser descartáveis após o término da vida útil do produto. Há vários anos as montadoras de veículos automobilísticos estão utilizando fibras vegetais em seus produtos como alternativa as fibras inorgânicas. As fibras mais utilizadas nesse segmento são: carauá, coco, juta e sisal (SILVA et al., 2009).

Atualmente há um grande desenvolvimento científico e tecnológico nos compósitos do tipo plástico madeira (Wood Plastic Composite (WPC)), alguns de seus produtos são: rodapés, cadeiras, decks, corrimãos, etc. A intensificação do uso das fibras lignocelulósicas como reforço em materiais poliméricos vem chamando a atenção na comunidade científica no desenvolvimento de pesquisas voltadas para esses compósitos (SILVA et al., 2009).

No passado as fibras de xaxim eram muito utilizadas para substrato, estacas, placas e vasos, porém após sua proibição outros tipos de fibras vêm sendo estudados para a sua substituição, uma delas bem comum no mercado é a fibra de coco, como ilustram as figura 1, 2, 3, 4 e 5.

Figura 1: Substrato de Fibra Coco

Figura 2: Placa de Fibra de Coco



FONTE: (TOCA... 2015)

Figura 3: Estaca de Fibra de Coco



FONTE: (TOCA... 2015)

Figura 4: Vaso de Parede de Fibra de Coco



FONTE: (TOCA... 2015)

Figura 5: Vaso de Fibra de Coco



FONTE: (TOCA... 2015)

Há várias dimensões para as placas, estacas e vasos de fibra de coco para o mercado consumidor conforme apresentados nas tabelas 1 e 2.

Tabela 1: Dimensões das Estacas e Placas de fibra de coco [cm].

	Placa de Fibra de Coco			Estaca de Fibra de Coco		
	Comp.	Largura	Espessura	Comp.	Largura	Espessura
A	80	20	3	80	5	5
B	60	20	3	60	5	5
C	40	20	3	40	5	5

FONTE: (TOCA... 2015)

Tabela 2: Dimensões dos Vasos de fibra de coco [cm].

	Vaso Comum		Vaso de Parede		
	Largura	Altura Vaso	Largura	Altura Vaso	Altura Total
A	30	14	26,3	19,6	25-27
B	20,5	11,5	20,5	15	20,5
C	16	9	15,5	10,5	16,5
D	12	6-12	-	-	-

FONTE: (TOCA... 2015)

Bagaço de Cana

No país a produção de açúcar e etanol gera rejeito de bagaço de cana como subproduto, este é normalmente queimado para geração de energia, em parte para sua própria usina e em outra parte para venda em cidades próximas. O Brasil é o maior produtor mundial de cana de açúcar, os resíduos estão na mesma proporção de produção e grande importância econômica. A morfologia da cana é constituída pelo córtex (casca) e comfith (medula), a casca está localizado na parte externa, onde se encontra um filme de cera natural semelhante à cera de carnaúba, na região interna, na medula possui um tecido parenquimatoso, que em sua forma de resíduo apresenta uma baixa densidade. O desenvolvimento de materiais derivados da cana de açúcar é de grande importância para o mundo, considerando que é uma matéria-prima em excesso e que influencia o meio ambiente (SILVA, 2006).

Fibra de Coco

O coco é uma espécie que atinge de 10 a 20 metros de altura, com um tronco de 20 a 30cm de diâmetro, que é encontrado em grande parte do mundo. Existe varias teorias sobre sua origem, sendo a hipótese mais aceita é na região do sudoeste Asiático, principalmente nas ilhas dos oceanos Índico e Pacífico, dessa região levado pra Índia e posteriormente para Africa, Américas e todas as regiões tropical do globo. No brasil ele foi introduzido pelos portugueses no ano de 1553 no litoral da Bahia se adaptando em solos arenosos do litoral brasileiro, permitindo o surgimento de classes produtoras. O plantio ocorre principalmente nas regiões litorâneas tropicais e em menor escala em regiões subtropicais. A sua frutificação é melhor nas prais pois a areia do mar possui grande concentração de carbonato e fosfato de cálcio proveniente de conchas quebradas. No país atualmente a região nordeste é a maior produtora de coco, sendo que no Brasil mais de 500mil pessoas envolvida nessa atividade com uma enorme importância sócio econômica (COLLI, 2007).

Fibra de Sapé

O *Imperata brasiliensis*, é conhecida como sapé, sapê, capim-sapé e juçapé é uma gramínea. Seu caule é bastante utilizado para construção de telhados em casas rústicas. A planta se desenvolve em terrenos pobres, esgotados e é pouco aceita pelo gado como alimento (SAPÊ, 2015).

Fibra de Sisal

As primeiras plantações de sisal foram feitas pelos Maias no México mas seu plantio em larga escala começou por volta de 1888 se espalhando para regiões tropicais e subtropicais. Existem 64 espécies de sisal variando sua largura de 50 a 250cm e comprimento de 50 a 250cm, bastante utilizado para cordel, barbante de embalagem, redes, tapetes etc. Possuindo grande resistência ao desgaste, o seu diâmetro pode variar de 0,08 a 0,30mm, sua densidade pode variar de 0,75 a

1,07g/cm³, a absorção de água após imersão após 5min é de 67 a 92%, com uma resistência a tração de 227,80 a 1002,30MPa, modulo de elasticidade variando de 10,94 a 26,70GPa (BITTENCOURT, 2002).

Fibra de Vassoura

A vassoura ou sorgo-vassoura (*Sorghum*), é uma planta anual com até 4 metros de altura, originaria da Ásia e muito cultivada no estado de Santa Catarina para fabricação de vassoura (BITTENCOURT, 2002).

Fibra de bananeira

A banana é uma fruta tropical de origem Asiática que se espalhou na América Latina em 1516. No comércio mundial de frutas ela é a mais vendida. Cada pseudocaule produz um cacho de banana e após a colheita ele é cortado, virando resíduo, em 1984 foram estimados 576 milhões de cachos colhidos. Não havendo aproveitamento em larga escala contudo ela é utilizada na produção de arreios e artefatos utilizados na lavoura e artesanato. Suas propriedades são: densidade entre 1,30 a 1,50g/cm³, resistência a tração 791MPa e módulo de elasticidade entre 8-30GPa. (BITTENCOURT, 2002).

2.2 Partículas de Madeira

Tipos de Partículas

As partículas (cavacos) foram estudados por alguns pesquisadores e se subdividiu em três grupos: Tipo I, Tipo II e Tipo III. Os cavacos Tipo I, são formados quando ocorre o fendilhamento da madeira devido ao cavaco não quebrar no flexionamento, se movendo acima da face da ferramenta, de uma forma livre e contínua enquanto ocorre a ruptura por cisalhamento, o fatores que causam esse fenômeno são: baixa resistência ao cisalhamento aliado a alta rigidez e resistência à

flexão, grandes espessuras de cavaco, ângulos de saída elevado e baixo coeficiente de atrito entre o cavaco e a face da ferramenta. O cavaco Tipo II é formado quando a ferramenta se move e comprime a madeira à frente da face desta em uma direção paralela às fibras e induz tensões cisalhantes na diagonal, que por sua vez se tornam críticas e resultam em quebra e deformação dos elementos da madeira, de ponto de vista da qualidade superficial é tida como ideal, os fatores que favorecem a formação do cavaco Tipo II são: Cavacos finos, médio teor de umidade e ângulos de saída intermediários. A formação do cavaco Tipo III é devido a ruptura por cisalhamento a compressão à frente da face da ferramenta, as falhas da madeira formadas à frente da ferramentas estabelecem a superfície gerada na formação desse tipo de cavaco se estendendo frequentemente abaixo do plano gerado pela aresta de corte, os fatores que favorecem a formação do cavaco Tipo III são: ângulos de saída negativos ou pequenos, arestas cortante sem fio de corte, teor de umidade da madeira muito alto ou muito baixo e um alto coeficiente de atrito entre a ferramenta e o cavaco (GONÇALVES, 2000).

Picadores, Repicadores e Moinhos

Os picadores são classificados pela disposição das facas como picadores de disco, tambor e cabeçote cônico. Os picadores de disco podem apresentar versão portátil ou estacionário, constituindo de um disco, onde são fixadas duas facas ou mais, a madeira é alimentada através de um bocal. Os picadores de tambor apresenta da versão portátil e estacionária, com tambor ou rotor como elemento principal, onde são fixadas duas ou mais facas em posição tangencial. Os picadores de cabeçote cônico apresentam duas versões, denominadas CCL e facas em espiral (GONÇALVES, 2000).

O moinho martelo é um equipamento capaz de moer partículas e fibras para a reciclagem e fabricação de produtos como briquetes, ração animal e pellets. O moinho possui martelos para moer o material e peneira para selecionar a geometria (MOINHO... 2015).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 Equipamentos Empregados

Triturador

O triturador usado para picar os materiais para o experimento foi o triturador forrageiro da marca TRAPP e modelo TRF 400 Super, possui um motor de 2 cv, sendo a sua alimentação bivolt de 127V e 220V, rotação de 3600 rpm. Possui 2 facas e 10 martelos móveis. Acompanhado de cinco peneiras de: 0,8; 3; 5; 12mm de diâmetro dos furos. Este é capaz de cortar e triturar forragens, moer sementes, debulhar milho, cana de açúcar, capim etc. A Figura 6 ilustra o TRAPP 400 Super.

Figura 6: TRF 400 Super - TRAPP



FONTE: (TRF... 2015)

A Figura 7 apresenta o desenho técnico e a numeração dos principais componentes do picador martelo que são descritas na Tabela 3.

Figura 7: Principais Componentes – TRAPP TRF 400 Super

FONTE: (TRITURADORES... 2014)

Tabela 3: Principais Componentes do triturador TRF 400 Super

1. Funil dos grãos	6. Gaveta para regulagem de grãos
2. Funil do verde	7. Corpo
3. Tampa de fechamento	8. Chave interruptora
4. Saída inferior	9. Tampa do funil do verde
5. Contrafaca	10. Amortecedores de borracha

FONTE: (TRITURADORES... 2014)

O picador possui duas facas e dez martelos, as facas ficam presas em um disco próximo ao funil verde, seguindo por cinco martelos de cada lado. O equipamento possui um vão próprio para a colocação e fixação da peneira conforme se ilustram nas figuras 8 e 9.

Figura 8: Disposição das Facas, Peneiras e Encaixe da Peneira



FONTE: (TRITURADORES... 2014) - Modificado

Figura 9: Foto das Facas e Martelos



A colocação da peneira é realizada através da extremidade da tampa de fechamento, deve se ficar atento ao lado correto da peneira como ilustra a Figura 10. A peneira fica localizada abaixo do disco que contém as facas e acima da saída inferior.

Figura 10: Colocação da Peneira

FONTE: (TRITURADORES... 2014)

Balança semi analítica:

Na pesagem dos materiais lignocelulósicos, adesivos e água foi empregado a balança semi analítica da marca “Marte” e modelo “BL3200H”, com capacidade máxima de 3200g e precisão de 0,01g (Figura 11).

Figura 11: Balança semi analítica

Seringa:

Utilizou se seringas para medir o volume de adesivo e água em pequenas proporções.

Luas:

As luvas foram utilizadas para proteger a mão nas misturas manuais.

Dosador:

Foi utilizado, o dosador com unidades em mililitros para medir o volume do adesivo e água (Figura 12).

Figura 12: Dosador

Esborrifador:

Foi utilizado o esborrifador para misturar o adesivo no material, este possui um mecanismo que gera uma pressão interna maior do que a externa, e com o gatilho pressionado, faz soltar um leque de fluido (Figura 13).

Figura 13: Esborrifador



Batedeira de fazer bolo:

Foi utilizado uma bateadeira de fazer bolo para misturar o adesivo com o material.

Bacia:

Foi utilizado bacias para pesagem dos materiais e mistura (Figura 14).

Figura 14: Bacia



Pilão:

Foi utilizado um pilão de madeira para prensar o fundo dos vasos.

Marreta de borracha:

Para se desmoldar os vasos se utilizou um marreta de borracha, para bater no fundo do molde.

Estufa de Secagem com Circulação/Renovação de Ar:

Foi utilizado uma estufa da marca “Marconi” de modelo “MA035/5” para a secagem dos vasos (figura 15).

Figura 15: Estufa

Pré-prensa:

Foi utilizado uma pré-prensa, em alguns ensaios para um melhor adensamento do material, sua construção foi de forma artesanal no próprio câmpus de Bauru. (Figura 16).

Figura 16: Pré-prensa

Prensa Hidráulica à quente:

Foi utilizado uma prensa hidráulica à quente de marca “P.H.S MÁQUINAS HIDRÁULICAS LTDA” e modelo “PHH 80T”. (Figura 17)

Figura 17: Prensa Hidráulica à quente

3.2 Materiais Utilizados

3.2.1 Fibras Vegetais e Partículas de Madeira

Foram escolhidos cinco materiais para as realizações dos ensaios: bagaço de cana, fibra de coco, sapé, cavaco (maravalha) de pinus e cavaco (maravalha) de imbuia. O bagaço de cana utilizado foi picado em peneira de furo 12mm, porém ele se encontrava muito úmido para ser picado, desse modo ele teve que ser seco ao ar livre por aproximadamente 6 horas, perdendo 35% de umidade da sua massa para ser picado e posteriormente seco em estufa para sua utilização. As fibras de coco, devido ao seu comprimento longo, foi decidido picar ela sem peneira, e com peneira de furo 12mm. Porém o picador não foi capaz de picar las, pois as facas não conseguiram cortar as fibras, que se enrolaram no eixo do motor, travando o mesmo. Então se utilizou as fibras já picadas que estavam no laboratório e essas fibras também foram trituradas em peneira de furo 12mm, porém pouco mudou a sua geometria, então decidiu utilizar a peneira de furo de 5mm. O cavaco de imbuia e de pinus, devido a sua baixa esbeltez, utilizou-se ambos na sua forma natural e picado na peneira de furo 12mm. Já o sapé, por ser comprido, este foi picado sem peneira, e em peneira de furo 12mm. A tabela 4 apresenta os materiais os materiais e geometria das partículas.

Tabela 4: Materiais e geometrias

Material	Sem picar	Picado sem Peneira	Picado em Peneira de furo 12mm	Picado em Peneira de furo 5mm
Bagaço de Cana			X	
Fibra de Coco	X			X
Sapé		X	X	
Cavaco de pinus	X		X	
Cavaco de Imbuia	X		X	

3.2.2 Desmoldantes

Vaselina aerossol:

Foi utilizado vaselina para desmoldar vasos, sua marca é “RADNAQ” e modelo “RADNAQ-6090”.

Silicone aerossol:

O silicone foi utilizado para desmoldar vasos, sua marca é “ultra lub” e modelo “silispray” (Figura 18).

Figura 18: Silicone aerossol

Papel celofane:

Foi utilizado papel celofane, como desmoldante dos painéis e vasos.

Cera de Carnaúba:

Foi utilizado cera de carnaúba para desmoldagem de um vaso.

3.2.3 Adesivos

Adesivo a base de mamona:

Foi utilizado o adesivo polioli (Lecopol E0921) e o catalisador de Isocianato (Lepocol F0911) na proporção 2 para 1, na produção do painel de sapé e de dois vasos.

PVA Madeiranit:

Foi utilizado o adesivo PVA da marca “Madeiranit” e modelo “COLA BRANCA EXTRA MADEIRANIT” para colagem dos painéis e vasos.

PVA Henkel:

Foi utilizado o adesivo PVA da marca “Henkel” e modelo “CASCOLA CASCOREZ” para a colagem dos painéis.

3.3 Testes Preliminares

3.3.1 Painel de sapé

De aspecto visual o sapé, é o que mais se parece com o xaxim, devido a sua textura escura e sua geometria. Devido a essas características este foi escolhido para produzir a primeira chapa aglomerada, juntamente com o adesivo poliuretano a base de mamona.

Foi separado e pesado 200g de sapé picado sem peneira. O teor de adesivo será de 5% da massa de sapé, no caso 10g. O adesivo é misturado em 2 parte de polioli e 1 parte de isocianato, cuja a massa foi de 6,66g e 3,33g respectivamente. Primeiro realizou a mistura dos dois componentes em um copo descartável até sua homogeneização. Para ser aplicado sobre o sapé, a mistura do sapé com o adesivo foi feita manualmente em uma bacia, o adesivo foi adicionado aos poucos para não forma grumes. Com a mistura pronta colocou-a em uma forma de (220x230x13)mm³

de metal para ser usado de limitador na presa a quente. A altura da chapa antes de ser prensada era de 35mm. Realizou-se uma pré-prensagem antes de se levar na prensa a quente para uma melhor formação do colchão. Após a pré-prensagem, levou o painel na prensa a quente. O painel ficou por 10min prensado a 100°C, cuja a pressão de prensagem se desconhece, pois, estava usando o limitador metálico de 13mm de altura (Figura 19).

Figura 19: Prensagem à quente com o painel de sapé

No aspecto visual, a chapa teve uma coloração próxima ao do xaxim, o comprimento das fibras ainda estavam muito grande, uma diminuição das fibras poderia melhorar esse aspecto, como a utilização da peneira de furo 12mm (p12). A chapa apresentou um caráter flexível, com pouca resistência. Foi também testada a permeabilidade, através de uma torneira gotejando água na chapa.

3.3.2 Painéis de Bagaço de Cana

Foram testados dois adesivos a base de PVA, a “Cascola Cascorez Extra” do marca “Henkel” e a “Cola branca extra madeiranit” da marca “Madeiranit” em três amostra. Foi convencionado utilizar a proporção 1:1 m/m (massa/massa) de “Material:Adesivo + H₂O”, ou seja para cada grama de material será utilizado a mesma proporção de adesivo diluído em água. Os adesivos usados para o experimentos foram diluídos em água, nas proporções (massa de adesivo em relação a massa de água), 2:1, 3:1, 4:1 m/m de “Adesivo:H₂O”. Todas as amostras foram prensadas com uma força de 15kg_f por um determinado tempo e posteriormente levados na estufa. A Tabela 5 demonstra os dados das amostras dos painéis de bagaço de cana picado em peneira de furo 12mm com adesivo PVA.

Tabela 5: Painéis de Bagaço de Cana com adesivo PVA

CP	m _{material} [g]	m _{adesivo} [g]	m _{H2O} [g]	Teor Um. [%]	F _{prensagem} [kg _f]	P _{prensagem} [kPa]	t _{prensagem} [min]	T _{estufa} [°C]	t _{estufa} [min]
2:1H	61	40,7	20,3	33	15	3	180	90	100
2:1M	47	31,3	15,7	33	15	4	1020	90	210
3:1H	83	62,2	20,8	25	15	3	180	90	100
3:1M	86	64,5	21,5	25	15	3	1020	90	210
4:1H	104	83,2	20,8	20	15	3	180	90	100
4:1M	98	78,4	19,6	20	15	3	1020	90	210

Legenda: [(H=”Henkel” | M=”Madeiranit”) ex: 2:1H] e [Um.=Umidade]

Devido a situações adversas, os Corpos de Prova (CP) não seguiram um padrão homogêneo nos quesitos: geometria, pressão, tempos de prensagem e estufa, porém essas variações pouco interferirá nos resultados. As figuras 20, 21, 22, 23 e 24 ilustram as etapas dos processos de fabricação.

Figura 20: Separação do Material



Figura 21: Mistura do material com o adesivo diluído



Figura 22: Formação do colchão



Figura 23: Prensagem a 15kg_f de força

Figura 24: Painéis Pronto

3.3.3 Produção de Vasos

Há partir de dois adesivos o PVA e o Poliuretano a base de mamona, o poliuretano possuindo cura a quente e o PVA com cura à quente e a frio. Não foi possível utilizar a prensa hidráulica a quente pois o vaso possui um formato cilíndrico semi vazado que não possibilita a utilização desse equipamento, a solução foi utilizar a estufa. Os moldes são duas painéis uma dentro da outra, sendo a maior o molde externo e a menor o molde interno. Foi calculado o volume dos vasos para posteriormente estipular a massa de material e volume do adesivo necessário para produção de cada vaso. Na Figura 25 ilustra o vaso, sendo que a cor verde será

representada como A e a azul para a sua utilização na Equação 1. O programa utilizado para fazer o desenho foi o OpenSCAD.

Figura 25: Geometria do Vaso

Equação 1: Volume do Vaso

$$V = A + B \quad (1)$$

Temos

$$V = \frac{\pi D_E^2 h}{4} - \frac{\pi D_I^2 h}{4} + \frac{\pi D_I^2 e_f}{4} \quad (2)$$

Reescrevendo a equação 2, deduzimos as equações 3 e 4

$$V = \frac{\pi}{4} (D_E^2 h - D_I^2 h + D_I^2 e_f) \quad (3)$$

$$V = \frac{\pi}{4} [h D_E^2 + D_I^2 (e_f - h)] \quad (4)$$

V = Volume

h = Altura do vaso

D_E = Diâmetro Externo

D_I = Diâmetro Interno

e_f = Espessura do Fundo do Vaso

Na Tabela 6, demonstra as dimensões dos vasos, e seus volumes, juntamente com as duas nomenclaturas dadas, se baseando em produtos similares.

Tabela 6: Nomenclatura e dimensões do vaso

Nomenclatura 1	Nomenclatura 2	Diâmetro Maior [cm]	Diâmetro Menor [cm]	Altura Max. [cm]	Espessura da base [cm]	Volume do vaso [L]
PP	1	16	11	12	3	1,56
P	2	20	14	14	3	2,70
M	3	24	18	12,5	3	3,24
G	4	26	20	13	3	3,76
GG	5	28	22	13,5	3	4,32

Aplicação de adesivo

Primeiramente a aplicação de adesivo foi através de um esborrifador tipo leque, porém não foi eficiente pois deixava heterogêneo a mistura entre material e adesivo, o leque só se formava de maneira eficiente com diluições maiores que 30%. Já que não foi eficiente a utilização do esborrifador, utilizou método convencional de mistura manual, no qual o adesivo é colocado aos poucos com o material, até se homogeneizar na mistura, como é mostrado na Figura 26.

Figura 26: Mistura Manual de Adesivo

Vaso 1:

O vaso 1, foi um teste para seguir de parâmetro para os próximos vasos colados com PVA. Foi utilizado 750g de bagaço de cana p12 seco, com 550g de adesivo PVA “Madeiranit” diluído em 200g de água, um acréscimo de 36% de água na composição do adesivo. Tudo foi pesado em uma balança semi analítica, após a pesagem o adesivo foi diluído na água, em um total de 750g adesivo diluído. Após a separação do material, foi preparado as formas com o desmoldante de vaselina em spray aerossol. Foi aplicado uma quantidade significativa de vaselina nos moldes internos e externos, como ilustrado na Figura 27.

Figura 27: Vaselina sendo aplicada

Em seguida, foi misturado o adesivo diluído aos poucos no recipiente onde se encontrava o material, todo material foi misturado manualmente. Sequencialmente iniciou a confecção do vaso, primeiro foi feito o fundo, com a mão e uniformizado com um pilão de madeira. Terminado a parte inferior, colocou o molde interno para o término da confecção do vaso ou seja a parte superior, a qual foi preenchida manualmente porém não preencheu todo o molde, faltando um pouco de material. Tendo que fazer as pressas mais uma porção de material na mesma proporção. A quantidade total de material usado foi 800g de bagaço e 800g de adesivo diluído. Para dar um melhor acabamento na superfície horizontal superior, foi esborrifado 50g de adesivo, diluído a 25g de água, como se ilustra na Figura 28.

Figura 28: Borda Esborrifada

Desde da mistura do bagaço de cana até ser levado na estufa levou em torno de 30 min. Na estufa a temperatura era de 90°C, o vaso ficou em torno de 90 min dentro da estufa. Foi retirado da estufa e desmoldado. Porém a vaselina, aparentemente evaporou pela elevada temperatura e o vaso grudou um pouco no molde, danificando na sua desmoldagem como se ilustra na Figura 29. Após retirada do molde o vaso foi levado em estufa até a vaporização de sua umidade.

Figura 29: Vaso 1

Vaso 2:

O vaso 2, foi feito com 5% de resina a base de mamona, na fabricação foi separado todos os materiais na proporção 650g de bagaço de cana, e 33g de adesivo (22g poliol, 11g isocianato). O desmoldante dessa vez foi o silicone em aerossol, que foi aplicado nos moldes interno e externo. O material e o adesivo foram misturados em um balde, utilizando a mãos com luvas cirúrgicas, foi acrescentando o adesivo no recipiente com material aos poucos para não concentrar adesivo em apenas algumas porções de material. Feito isso, foi colocando material adesivado no molde, começando na base e pilando, depois colocou o molde interior e completou com o restante do material adesivado. Foi levado na estufa por 4 horas, e em seguida retirado do molde, o desmoldante funcionou muito bem nesse teste. Devido a baixa pressão, o adesivo não teve uma boa interação com o material e fez com que ele se esfarelasse, como mostra a Figura 30.

Figura 30: Vaso 2

Vaso 3:

Para confirma a ineficiência do adesivo poliuretano a base de mamona na produção de vasos a baixa pressão, foi produzido o Vaso 3 com 10% de resina a base de mamona, na fabricação foi separado todos os materiais na proporção 900g de maravalha de imbuia, e 90g de adesivo (60g poliol, 30g isocianato). Foi utilizado o silicone em spray aerossol, pelo sucesso do teste anterior, cuja foi aplicado nos

moldes interno e externo. O material e o adesivo foram misturados em um balde, utilizando as mãos com luvas cirúrgicas, foi acrescentando o adesivo aos poucos no material para não concentrar adesivo em apenas algumas porções de material. Feito isso, foi colocando material adesivado no molde, começando na base e pilando, depois colocou o molde interior e completou com o restante do material adesivado. Foi levado na estufa por 4 horas, e em seguida retirado do molde, o desmoldante funcionou muito bem. Mesmo dobrado a quantidade de adesivo, a baixa pressão fez com que não tivesse uma boa interação entre material e adesivo, desse modo ele esfarelou, como se observa na Figura 31.

Figura 31: Vaso 3

3.4 Classe “A”

Após os testes preliminares, adotou-se o uso da unidade em volume para adesivo e água ao invés da massa para facilitar a produção em série. Criou-se alguns parâmetros, a partir dos vasos GG, convencionou a utilização de 900g de material, para 500mL de adesivo PVA da marca “Madeiranit” e 250mL de Água (2:1). A partir dessa convenção, foram realizadas relações para serem empregadas em vasos de diferentes tamanhos, as relações estão descritas nas equações 2, 3 e 4 as quais são obtidas por regra de três.

Equação 2: Calculo de estimação da massa

Regra de 3

900 g (de Material) — 4,32 L (do Volume do Vaso)

$$m_x \text{ — } \frac{900}{4,32 V_v}$$

$$m_x = 208,33 \cdot V_v(5)$$

m_x = Massa estimada para Produção

V_v = Volume do Vaso

Equação 3: Volume Adesivo Classe A

Regra de 3

500 mL (de Adesivo) — 900 g (de material)

$$V_{PVA} \text{ — } m_m$$

$$V_{PVA} = \frac{5}{9} m_m(6)$$

V_{PVA} = Volume de Adesivo na mistura

m_m = Massa do Material

Equação 4: Volume Água Classe A

Regra de 3

250 mL (de H_2O) — 900 g (de Material)

$$V_{H_2O} \text{ — } m_m$$

$$V_{H_2O} = \frac{5}{18} m_m(7)$$

V_{H_2O} = Volume de Água na diluição

m_m = Massa do Material

Na Tabela 7 são apresentados os dados de todos os parâmetros de fabricação utilizados para a produção dos próximos 6 vasos, os quais irão variar o tipo de material e a geometria da partícula. Foi dado uma nomenclatura para os vasos, sendo classe “A”, representada pela a quantidade de material, adesivo e água obtidos pelas equações 2, 3 e 4, respectivamente. A segunda letra é o material empregado sendo “I” de Imbuia, “S” de Sapé, “P” de pinus, “B” de bagaço de cana e “C” de fibra de coco. A terceira sigla é a ordem que foi produzida e a última indica “p₁₂” para o material que foi picado em peneira de furo 12mm, “p₅” para peneira 5mm ou “n” para normal (sem ser picado). O volume do vaso é obtida pela Equação 1. Os detalhamentos dos métodos produtivos de cada CP serão descritos nos próximos subtópicos.

Tabela 7: Classe A

CP	Tm	Material	V _{PVA} [mL]	V _{H2O} [mL]	V _{AD.} [mL]	M _{MAT.} [g]	V _{AD.} /m _{MAT.} [mL/g].	m _{MAT.} / V _{AD.} [g/mL]
Al1n	G	Maravalha imbuia	435	217	652	783	0,83	1,20
AS2p ₁₂	M	Sapé p12	375	187	562	675	0,83	1,20
AC3n	PP	Fibra de Coco	261	174	87	313	0,83	1,20
AP4n	G	Maravalha pinus	435	217	652	783	0,83	1,20
AP5p ₁₂	M	Maravalha pinus p12	375	187	562	675	0,83	1,20
AB6p ₁₂	GG	Bagaço de Cana p12	500	250	750	900	0,83	1,20
AC7p ₅	M	Fibra de Coco p5	375	187	562	675	0,83	1,20

Vaso Al1n:

Foi pesado 783g de maravalha de imbuia, em uma balança semi analítica e preparado 652mL de adesivo diluído através do dosador. Os moldes interno e externo foram saturados de silicone, aplicado através de spray aerossol. A mistura da maravalha de imbuia com o adesivo diluído foi manual, despejando o adesivo aos poucos para evitar a formações de grumes. A confecção do vaso ocorreu primeiro enchendo o fundo do molde com o material, e pilando com um pilão de madeira, depois colocou o molde interno e encheu a lateral prensando manualmente até que todo o molde estivesse preenchido. Desde a mistura até o tempo de ser levado na estufa, foi menor que 30min. Permanecendo na estufa por 120min a 90°C e logo em seguida foi desmoldado.

Vaso AS2p₁₂:

Foi pesado 675g de sapé picado em peneira de furo 12mm, em uma balança semi analítica e preparado 562mL de adesivo diluído através do dosador. Os moldes interno e externo foram saturados de silicone, aplicado através de spray aerossol. A mistura do sapé com o adesivo diluído foi manual, despejando o adesivo aos poucos para evitar a formações de grumes. A confecção do vaso ocorreu primeiro enchendo o fundo com o material, e pilando com um pilão de madeira, depois colocou o molde interno e encheu a lateral prensando manualmente até que todo o molde estivesse sido preenchido. Desde a mistura até o tempo de ser levado na estufa, o

tempo foi menor que 30min. Permaneceu na estufa por 120min a 90°C e logo em seguida foi desmoldado.

Vaso AC3n:

Foi pesado 313g de fibra de coco, o material já se encontrava picado no laboratório com geometria de partícula próxima aos materiais picados em peneira 12mm, foi preparado 261mL de adesivo diluído através do dosador. Os moldes interno e externo foram saturados de silicone, aplicado através de spray aerossol. A mistura da fibra de coco com o adesivo diluído foi manual, despejando o adesivo aos poucos para evitar a formação de grumos. A confecção do vaso ocorreu primeiro enchendo o fundo com o material, e pilando com um pilão de madeira, depois colocou o molde interno e encheu a lateral prensando manualmente até que todo o molde estivesse preenchido. Desde a mistura até o tempo de ser levado na estufa, o tempo foi menor que 30min. Permaneceu na estufa por 120min a 90°C e logo em seguida foi desmoldado, porém no molde PP não teve sucesso na desmoldagem pois o molde não possuía um formato cônico e acabou danificando o fundo do vaso.

Vaso AP4n:

Foi pesado 783g de maravalha de pinus, em uma balança semi analítica e preparado 652mL de adesivo diluído através do dosador. O molde externo foi colocado uma película de papel celofane preso com fita crepe, já o molde interno foi utilizado o spray aerossol de silicone como demonstra a Figura 33. Foi a primeira vez que se utilizou uma batedeira para fazer bolo para misturar o adesivo com a maravalha de pinus, como ilustra a Figura 32.

Figura 32: Batedeira para fazer bolo

A confecção do vaso ocorreu primeiro enchendo o fundo com o material, e pilando com um pilão de madeira, porém devido a alta elasticidade das partículas fez com que elas não se adensassem muito. Colocou o molde interno e encheu a lateral prensando manualmente até que todo o molde estivesse preenchido. Desde a mistura até o tempo de ser levado na estufa, foi menor que 30min. Permaneceu na estufa por 240min a 90°C e logo em seguida foi desmoldado, devido a dificuldade de posicionar o celofane ocorreu algumas fissuras no vaso, pois uma parte do celofane ficou dentro do vaso, como demonstra a Figura 33.

Figura 33: Vaso AP4n

Vaso AP5p₁₂:

Foi pesado 675g de maravalha de pinus picado em peneira de furo 12mm, em uma balança semi analítica e preparado 562mL de adesivo diluído através do dosador. Os moldes interno e externo foram saturados de silicone, aplicado através de spray aerossol. A mistura da maravalha de pinus com o adesivo diluído foi através de uma batedeira, despejando o adesivo aos poucos para evitar a formações de grumes. A confecção do vaso ocorreu primeiro enchendo o fundo com o material, e pilando com um pilão de madeira, mesmo com partículas menores que a do vaso AP4n, a elasticidade da partícula dificultou o adensamento. Colocou o molde interno e encheu a lateral prensando manualmente até que todo o molde estivesse preenchido. Pela primeira vez utilizou o molde interno com furos no fundo e nas laterais para melhor vaporização da água, como mostra a Figura 34. Desde a mistura até o tempo de ser levado na estufa, o tempo foi menor que 30min. Permaneceu na estufa por 270min a 90°C, aos 30min fez uma verificação nos moldes e notou que o molde interior havia se deslocado para cima em torno de 1 a 2 centímetros. Após a secagem o vaso foi desmoldado.

Figura 34: Molde interno furado com broca 8mm

Vaso AB6p₁₂:

Foi pesado 900g de bagaço de cana picado em peneira de 12mm, em uma balança semi analítica e preparado 750mL de adesivo diluído através do dosador. Os moldes interno e externo foram saturados de silicone, aplicado através de spray aerossol. A mistura do bagaço de cana com o adesivo diluído foi através da batedeira para fazer bolo, despejando o adesivo aos poucos para evitar a formações

de grumes. A confecção do vaso ocorreu primeiro enchendo o fundo com o material, e pilando com um pilão de madeira, depois colocou o molde interno e encheu a lateral prensando manualmente até que todo o molde estivesse preenchido, pela primeira vez se retirou o molde superior antes de ser levado na estufa. Desde a mistura até o tempo de ser levado para a estufa, o tempo foi menor que 30min. Na estufa ele ficou até secar a 90°C, pois sem o molde superior não há a necessidade de estipular um tempo de secagem e logo em seguida foi desmoldado.

Vaso AC7p₅:

Foi pesado 675g de fibra de coco picado em peneira de furo 5mm, em uma balança semi analítica e preparado 562mL de adesivo diluído através do dosador. Os moldes interno e externo foram saturados de silicone, aplicado através de spray aerossol. A mistura da fibra de coco com o adesivo diluído foi através da batedeira para fazer bolo, despejando o adesivo aos poucos para evitar a formação de grumes. A confecção do vaso ocorreu primeiro enchendo o fundo com o material, e pilando com um pilão de madeira, depois colocou o molde interno e encheu a lateral prensando manualmente até que todo o molde estivesse preenchido, retirou se o molde superior antes de ser levado para a estufa. Desde a mistura até o tempo de ser levado na estufa, o tempo foi menor que 30min. Na estufa ele ficou até secar a 90°C e logo em seguida foi desmoldado.

3.5 Classe “B”:

Para obter os vaso da classe B, utilizou os mesmos parâmetros da classe A, mas houve uma modificação na quantidade de adesivo diluído na proporção 2:1 (adesivo:água), como é demonstrado nas equações 5 e 6.

Equação 5: Volume Adesivo Classe B

Regra de 3

750 mL (de Adesivo) — 900 g (de material)

$V_{PVA} \text{ — } m_m$

$$V_{PVA} = \frac{5}{6} m_m (8)$$

V_{PVA} = Volume de Adesivo na mistura

m_m = Massa do Material

Equação 6: Volume Água Classe B

Regra de 3

$$375 \text{ mL (de } H_2O) \text{ -- } 900 \text{ g (de Material)}$$

$$V_{H_2O} \text{ -- } m_m$$

$$V_{H_2O} = \frac{5}{12} m_m (9)$$

$$V_{H_2O} = \text{Volume de Água na diluição}$$

$$m_m = \text{Massa do Material}$$

Na classe B, a massa dos materiais continuaram constante em relação a classe A conforme a Equação 2, variando apenas a concentração de adesivo diluído, no caso do vaso GG passa de 750mL para 1125mL, conforme as relações das equações 5 e 6. Os dados para confecção dos vasos da classe encontram-se na Tabela 8. A nomenclatura emprega é sendo o primeiro caractere indicando a classe, neste caso “B”, o segundo caractere indicando o material sendo “P” para pinus, “I” para imbuia, “B” para bagaço de cana, o terceiro caractere é a ordenação e o último se for “n” indica que é normal (sem ser picado) ou “p₁₂” para picado em peneira de furo 12mm.

Tabela 8: Classe B

CP	Tm	Material	V _{PVA} [mL]	V _{H₂O} [mL]	V _{AD.} [mL]	M _{MAT.} [g]	V _{AD.} /m _{MAT.} [mL/g].	m _{MAT.} / V _{AD.} [g/mL]
BP1p ₁₂	GG	Maravalha de pinus p12	750	375	1125	900	1,25	0,8
BI2n	GG	Maravalha de Imbuia p12	750	375	1125	200	1,25	0,8
BB3p ₁₂	GG	Bagaço de Cana p12	750	375	1125	900	1,25	0,8

Vaso BP1p₁₂:

Foi pesado em uma balança semi analítica 900g de maravalha de pinus picado em peneira de 12mm, com o dosador mensurou o volume de 1125mL de adesivo diluído 2:1 (PVA:H₂O). Em uma bacia, colocou-se o material e depois foi

acrescentando aos poucos o adesivo e batendo com uma batedeira de fazer bolo até que a mistura se homogeneizasse. O molde externo foi preparado com papel celofane, cortado em duas partes, uma para fazer o fundo e outra para fazer a lateral, colada com fita crepe. O molde interno utilizou o spray aerossol de silicone. Foi confeccionado o vaso e retirado o molde interno, para ser levado na estufa a uma temperatura de 90° até secar. Na desmoldagem houve problemas com o celofane da lateral pois acabou penetrando na estrutura do vaso. Já o celofane do fundo teve um resultado superior do que o spray aerossol de silicone.

Vaso BI2n:

Foi pesado em uma balança semi analítica 900g de maravalha de imbuia, com o dosador mensurou o volume de 1125mL de adesivo diluído 2:1 (PVA:H₂O). Em uma bacia, colocou-se o material e depois foi acrescentando aos poucos o adesivo misturando com uma batedeira de fazer bolo até que a mistura se homogeneizasse. Os moldes interno e externo foram saturados de spray aerossol de silicone. Foi confeccionado o vaso e retirado o molde interno, para ser levado na estufa a uma temperatura de 90° até secar. Após seco o vaso foi desmoldado, fez um furo na parte inferior do molde externo para ver se melhorava a desmoldagem mas não influenciou o processo.

Vaso BB3p₁₂:

Foi pesado em uma balança semi analítica 900g de bagaço de cana picado em peneira de furo 12mm, com o dosador mensurou o volume de 1125mL de adesivo diluído 2:1 (PVA:H₂O). Em uma bacia, colocou-se o material e depois foi acrescentando aos poucos o adesivo e misturando com uma batedeira de fazer bolo até que a mistura se homogenizasse. O molde interno e externo foram saturados de cera de carnaúba, com exceção ao fundo que foi colocado celofane. Foi confeccionado o vaso e retirado o molde interno, para ser levado na estufa a uma temperatura de 90° até secar. Após seco o vaso foi desmoldado com sucesso, porém o vaso escureceu, possivelmente causado pela cera.

3.6 Classe “S”

A classe S ou classe seca usou os mesmo critérios que a classe B em relação a massa do material e o volume do adesivo porém o adesivo não foi diluído em água. A nomenclatura dos CPs é composta pela primeira letra sendo a classe, neste caso “S”, a segunda sendo o material: “I” para imbuia e “B” para bagaço de de cana, o terceiro caractere é a ordenação e por último “p₁₂” indicando que foi picado em peneira de furo 12mm ou “n” para “normal” (que não foi picado) como demonstra a Tabela 9.

Tabela 9: Classe S

CP	Tm	Material	V _{PVA} Concentrado [mL]	M _{MAT.} [g]	V _{AD.} /m _{MAT.} [mL/g].	m _{MAT.} / V _{AD.} [g/mL]
SI1n	GG	Maravalha de Imbuia	750	900	0,83	1,2
SB2p ₁₂	GG	Bagaço de Cana p12	750	900	0,83	1,2

Os dois vasos da classe S, foram confeccionados antes dos vasos classe A, porém para um melhor layout do trabalho está sendo apresentado por último. Ambos seguiram os mesmos parâmetros de produção. Foi pesado em uma bacia 900g de material e com um dosador mensuro 750ml de adesivo concentrado. Na bacia foi misturado manualmente o material com o adesivo, adicionando aos poucos o adesivo no material. Os moldes foram saturados de silicone aplicado em spray aerossol. Então foi moldado o material na forma, e levado para a estufa sem retirar o molde interno. Em 60min de estufa foi retirado o molde interno e colocado de volta na estufa, e após mais 60min foi retirado da estufa e desmoldado. O vaso SB2p₁₂ foi danificado no processo de desmoldagem.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Testes Preliminares

4.1.1 Painel de sapé

O painel de Sapé com adesivo poliuretano a base de mamona apresentou bom aspecto visual, porém as fibras são muito compridas mesmo sendo picadas sem peneira (p_0), devido a este problema o próximo corpo de prova que utilizou sapé foi picado em peneira de furo 12mm. O painel também apresentou problemas, possuindo baixa resistência normal e com aspecto bastante flexível, os 5% de adesivo que normalmente são usados para produção de painéis aglomerados similares não foram suficientes para aderir no material possivelmente ocasionado pela baixa pressão de prensagem, conforme ilustra a Figura 35.

Figura 35: Painel de Sapé

4.1.2 Painéis de bagaço de cana

Foram produzidos 6 corpos de provas, usando dois tipos de adesivos de PVA, sendo três da marca “Henkel” e três da “Madeiranit”. Os testes variaram as diluições do adesivo em água, que foram 2:1, 3:1 e 4:1 (PVA:H₂O). Todos os painéis seguiram

a proporção 1:1 na relação “Material:Adesivo diluído”. Todos os painéis apresentaram boa resistência, diminuindo o esfarelamento conforme se aumentava a concentração de adesivo. A marca “Henkel” apresentou uma colagem superior em todos os testes, não muito significativa. Para a mistura por aspersão, a proporção 2:1 é a que se apresentou melhor resultado na pulverização pois até nesse momento se cogitava a hipótese de futuramente misturar o adesivo pelo método de aspersão. Os painéis 2:1 apresentaram ser mais flexível e esfarelar mais do que os painéis na proporções 3:1 e 4:1, mesmo assim decidiu produzir vasos a partir da relação 1:1 “Material:Adesivo Diluído” na diluição 2:1 pois quantidades menores de adesivo não terão resistência necessária para o produto, as imagens de cada CP se ilustra a Figura 36.

Figura 36: Painéis de Bagaço de Cana

4.2 Produção de vasos

Os vaso 1 seguiu os parâmetros dos dos painéis de bagaço de cana na proporção 1:1 “material:adesivo diluído” e 2:1 na diluição do adesivo, ele apresentou uma boa resistência, e um baixo esfarelamento, porém teve problemas na

desmoldagem devido a vaselina que aparentemente evaporou na estufa, grudando o vaso no molde, desse modo ele se quebrou na hora da desmoldagem.

Os vasos 2 e 3 utilizaram o silicone em spray aerossol como desmoldante, que foi um sucesso na desmoldagem não grudando no vaso, porém ele gera uma pequena resistência dificultando um pouco na desmoldagem. Tanto o vaso 2 com 5% de adesivo, nem o vaso 3 com 10% de adesivo tiveram uma boa adesão com a cola que possivelmente ocorreu devido a baixa pressão da prensagem.

4.2.1 Produção de vasos Classe “A”

O vaso AS2p₁₂ teve problemas de desmoldagem, pois se utilizou a vaselina em spray aerossol, para testar sua eficiência no material sapé, porém não teve sucesso, uma parte do material ficou grudado no fundo como se ilustra na Figura 37. Mesmo assim conseguiu salvar a parte lateral do CP.

Figura 37: Material colado no molde

Os vasos menores apresentaram maior resistência para serem desmoldados do que os vasos grandes, não se sabe ao certo o motivo, possivelmente é por causa da geometria do molde que não favoreceu a desmoldagem. Foi perdido o fundo do vaso AC3n por não conseguir desmoldar o fundo, esse vaso utilizou a fibra de coco que já estava picado no laboratório, com geometria bem similar as fibras picadas em peneira de 12mm. O picador não foi capaz de picar as fibras de coco por esse motivo utilizou as já se encontravam no laboratório já picadas.

No vaso AP4n, a mistura foi realizada com uma batedeira de fazer bolo que substituiu o método manual, apresentando maior eficiência e praticidade na homogeneização da mistura. Foi utilizado o papel celofane no lugar do silicone em spray aerossol, como uma peça única de celofane, foi colocado no molde externo para tentar facilitar a desmoldagem, a parte do fundo deu certo, porém na desmoldagem lateral do molde não pois é muito difícil prender o celofane na lateral e acabou penetrando no vaso demonstra a Figura 38.

Figura 38: Desmoldante de papel celofane

No vaso AP5p₁₂, o molde interno foi perfurado para facilitar a saída de água, pois sempre que tirava o molde interno, o vaso não haviam perdido quase nada de umidade. Em 30min de estufa, foi realizada a primeira verificação e notou que o molde superior tinha se deslocado de 1 a 2cm, possivelmente causado pelo vapor de água forçando o molde para cima. Quando se retirou o molde interno com 270min de estufa notou que havia evaporado um pouco mais de água do que o molde sem furos, se esperava uma melhor evaporação.

O Vaso AB6p₁₂ retirou se o molde interno antes de levá-lo para a estufa, o vaso não se desmanchou. Na estufa sem o molde interno, a água tinha como evaporar com mais facilidade, porém agora o vaso tende a se expandir em sua altura, no fundo e nas laterais do vaso, afetando pouco seu aspecto final. A maior vantagem de retirar o molde interno é de ter uma melhor secagem e uma menor danificação do vaso na desmoldagem, pois quanto mais seco mais fácil é a sua desmoldagem.

O AI1n, AS2p₁₂, AC3n, AB6p₁₂ e AC7p₅ que foram produzidos com: imbuia, sapé, fibra de coco e bagaço de cana apresentaram um aspecto e resistência boa para serem vasos, porém o AP4n e AP5p₁₂ feitos de pinus já na mistura do adesivo,

visualmente notou que ele não estava absorvendo muito bem o adesivo diluído, na confecção teve problemas de moldar o vaso pois as partículas estavam muito elásticas, dificultando o adensamento, na estufa ele se expandiu muito na altura, na verificação do vaso percebeu que não teve uma boa colagem.

O sapé é que teve o aspecto mais próximo ao xaxim porém o seu material ficou um pouco pontudo espetando a mão de quem o manuseia.

O AC3n ficou melhor do que o AC7p₅, pois com as fibras um pouco maiores o vaso soltou menos material, de aspecto visual ambas ficaram bem parecidas, o AC3n foi confeccionado com fibras que já estavam picadas no laboratório pois o picador não foi capaz de picar a fibra de coco e o AC7p₅ foi utilizado o coco já picado para moer nos martelos do triturador. As fotos dos vasos classe A são ilustradas nas figuras 39 e 40, seguindo a ordenação da classe A.

Figura 39: Vasos Classe A - 1

Figura 40: Vasos Classe A - 2

4.2.2 Produção de Vasos Classe “B”

Os experimentos para confeccionar os vasos com o pinus não obteve sucesso, então foi aumentado o volume de adesivo, para tentar um melhor resultado, por esse motivo o pinus foi novamente testado na classe B. O bagaço de cana picado em peneira de furo 12mm e a imbuia também foram escolhidos para este experimento com um maior volume de adesivo de PVA.

O vaso BP1p₁₂ utilizou o papel celofane como desmoldante, dessa vez em 2 partes, uma no fundo e outra na lateral. A do fundo funcionou muito bem não danificando o vaso mas o celofane colocado na lateral não se prendeu muito bem na lateral e penetrou dentro do vaso.

No vaso BI2n, utilizou o silicone em spray aerossol como desmoldante e para facilitar a desmoldagem do vaso, o molde externo foi perfurado no centro do fundo com uma broca 8mm, porém o furo não favoreceu de forma esperada a desmoldagem.

No vaso BB3p₁₂, foi utilizado cera de carnaúba como desmoldante e no fundo colocou o papel celofane já cortado em formato cilíndrico do diâmetro externo do

vaso. Só o fato do papel celofane no fundo facilitou muito a desmoldagem. A cera de carnaúba teve um desempenho similar ao silicone em spray aerossol porém escureceu o vaso e também é um pouco mais difícil de se aplicar, por esse motivo o silicone continua sendo o melhor desmoldante utilizado.

O BP1p₁₂ não teve uma melhora significativa, o material pinus não apresentou resultados favoráveis na fabricação. O BI2n ficou bom e o BB3p₁₂ ficou rígido até demais e quase não esfarelava. As fotos dos vasos B estão ilustradas na Figura 41.

Figura 41: Vasos Classe B

4.2.3 Produção de Vasos Classe “S”

Ambos os vasos classe S ficaram bons, esfarelando pouco e com bom aspecto visual. O vaso do bagaço de cana obteve o pior resultado, esfarelando com facilidade e o de imbuia se mostrou similar aos outros vasos produzidos com o mesmo material. O vaso de imbuia foi lixado sua superfície superior e o de bagaço de cana teve defeitos ocasionados na desmoldagem, a foto se ilustra na Figura 42.

Figura 42: Vasos Classe S

4.3 Comparação entre vasos classes “A” ,”B” e “S”

4.3.1 Imbuia

Ambos os três CPs apresentaram-se bem iguais no aspecto visual e de resistência. O vaso classe B teve a pior compactação porém essa diferença pode ter sido causado pela diferença do método de fabricação, a foto dos três vasos se ilustra na Figura 43.

Figura 43: Comparação dos vasos de imbuia

4.3.2 Bagaço de Cana

O vaso classe A é o que apresentou o melhor aspecto visual e resistência, não sendo muito duro e nem muito mole. Já o classe B adensou mais o material, de aspecto visual ficou mais escuro devido a cera de carnaúba, já na resistência este ficou muito duro e mais adensado do que os outros, ficando bem impermeável. O classe S foi o que obteve o pior resultado esfarelado muito e sendo muito frágil, sem muita resistência de colagem. Ambos os vasos classe A e B dariam para ser usado, a Figura 44 demonstra a foto dos vasos.

Figura 44: Comparação dos vasos de bagaço de cana

Os resultados dessa comparação entre classes demonstram duas possíveis relações. Uma entre geometria da partícula, densidade e quantidade de adesivo (diluído ou não). E outra entre resistência de colagem por quantidade de adesivo (diluído ou não), procurando um volume ideal para cada tipo de material e sua respectiva geometria de partícula.

4.4 Recomendações para produção de vasos lignocelulósicos

Primeiro separa o material, e o adesivo diluído na suas proporções. Depois nos moldes internos e externos se satura de silicone aplicando com spray aerossol, para uma melhor desmoldagem coloca se no fundo do molde externo papel celofane em formato cilíndrico do diâmetro do vaso. Na mistura coloca se o material em uma bacia e vem acrescentando aos poucos adesivo para não formar grume, com uma batedeira de fazer bolo mistura o adesivo na bacia. Para confeccionar o vaso primeiro se faz o fundo, depois coloca o molde interno e preenche de material até o final do molde externo. Retira se o molde interno e leva na estufa a 90°C até secar. Na desmoldagem vira se o molde de cabeça para baixo e bate com uma marreta de borracha.

5 CONCLUSÕES

Neste ponto apresentam-se os aspectos mais conclusivos, avaliados quando da discussão dos resultados, visto que para se indicar conclusões certas do processo produtivo estudado, seria necessária uma investigação muito mais aprofundada, considerando-se as várias possibilidades de uso de materiais lignocelulósicos com diferentes geometrias e características (físicas, químicas e anatômicas), além do adesivo e tempo de cura no encolamento das partículas, materiais desmoldantes, tempo e temperaturas de secagem, forma e tempo de mistura, tipo de moldes e forma de moldagem, dentre outras variáveis. São estes aspectos conclusivos:

- Dentre os materiais orgânicos testados, o cavaco de imbuia em sua forma natural; o sapé, a fibra de coco e o bagaço de cana, ambos picados no picador/moinho forrageiro com uso de peneira de furação 12 mm, mostraram-se ser viável para emprego na produção de vasos do tipo “xaxim”;
- O adesivo utilizado para encolamento dos materiais que apresentou melhor adequação ao tipo de mistura foi o Acetato de Polivinila (PVA), diluído em diferentes proporções de água ou empregado sem diluição. O PVA da marca “Henkel” apresentou melhor desempenho no encolamento e mistura das partículas que o adesivo PVA da marca “Madeiranit”. O adesivo bicomponente à base de mamona não resultou num bom encolamento das partículas, muito provavelmente devido à baixa pressão de prensagem dentro do molde (prensagem manual);
- Misturar o material particulado ao adesivo de forma mecanizada (batedeira usada em culinária) demonstrou-se maior praticidade e melhor eficiência da mistura, comparado ao método de mistura de forma manual;
- O melhor resultado de desmoldagem dos vasos produzidos nos testes, demonstrou ser o de uso de papel celofane ao fundo da parte externa do

molde cilíndrico, bem como em sua superfície lateral, com emprego de desmoldante de silicone em “spray”. O desmoldante de vaselina em “spray” não apresentou resultado satisfatório, possivelmente dado a sua evaporação na estufa de secagem. O uso de cera à base de carnaúba apresentou-se ser progressor, principalmente quando testado nos vasos de bagaço de cana, proporcionando às suas superfícies um tipo de tingimento das fibras, tornando-as mais escuras, com aparência muito próxima às do vaso de “xaxim”, muito provavelmente gerado em sua cura na secagem.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BITTENCOURT, Evandro. **Processamento e caracterização de compósitos lignocelulósicos a partir de resíduo de madeira particulado e fibras vegetais**. 2002. 150 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia de Materiais, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2002.
2. COLLI, Andréia. **CARACTERIZAÇÃO DA MADEIRA DE PARICÁ (*Schyzolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) E PROPRIEDADES DE CHAPAS DE PARTÍCULAS AGLOMERADAS COM DIFERENTES PROPORÇÕES DE FIBRAS DE COCO (*Cocos nucifera* L.)**. 2007. 64 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Ciência Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2007.
3. GONÇALVES, Marcos Tadeu Tibúrcio. **Processamento da Madeira**. Bauru/SP: Editora da Ufsc, 2000. 242 p.
4. HENDGES, Antonio Silvio. **Saiba mais: Fibras vegetais**. Disponível em: <<http://www.ecodebate.com.br/2010/07/28/saiba-mais-fibras-vegetais-artigo-de-antonio-silvio-hendges/>>. Acesso em: 20 abr. 2015.
5. MA035/5 | Estufa de Secagem com Circulação/Renovação de Ar. Disponível em: <<http://www.marconi.com.br/capa.aspx?pagina=exibeproduto&procodigo=169&depcodigo=991&segcodigo=#>>. Acesso em: 05 junho 2015.
6. MARINELLI, Alessandra L. et al. Desenvolvimento de Compósitos Poliméricos com Fibras Vegetais Naturais da Biodiversidade: Uma Contribuição para a Sustentabilidade Amazônica. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, São Carlos, v. 18, n. 2, p.92-99, 2008.
7. MOINHO de Martelo MML 980. Disponível em: <<http://www.lippel.com.br/br/moinhos/moinhos-de-martelos/moinho-de-martelos-lippel-mml-980.html#.VXWh0mG2XnE>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
8. SANTOS, Alexandre Maneira dos. **ESTUDO DE COMPÓSITOS HÍBRIDOS POLIPROPILENO / FIBRAS DE VIDRO E COCO PARA APLICAÇÕES EM ENGENHARIA**. 2006. 76 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
9. SAPÊ. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Sapê>>. Acesso em: 08 jun. 2015.
10. SILVA, Antonio Jorge Parga da. **APLICAÇÃO DE PARTÍCULAS LONGAS E ORIENTADAS DE BAGAÇO DE CANA-DE-AÇÚCAR NA PRODUÇÃO DE PAINEL PARTICULADO SIMILAR AO OSB**. 2006. 144 f. Tese (Doutorado) - Curso de Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

11. SILVA, Rafael et al. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. **Química Nova**, Maringá, v. 32, n. 3, p.661-671, abr. 2009.
12. TRF 400F - Super - Rural/Trituradores Forrageiros. Disponível em: <<http://www.trapp.com.br/pt/produtos/rural/trituradores-forrageiros/produto/trf-400---super>>. Acesso em: 05 maio 2015.
13. TRITURADORES Forrageiros. Jaraguá do Sul - Sc: Metalúrgica Trapp Ltda, 2014. 68 p
14. TOCA do Verde. Disponível em: <<http://www.tocadoverde.com.br/catalogsearch/result/?cat=0&q=coco>>. Acesso em: 26 abr. 2015.



Ligno: material compósito com resíduo de madeira

Ligno: composite material from wood waste

CORRÊA, Glaucinei Rodrigues; Escola de Arquitetura - UFMG

glaucinei@ufmg.br

POLICARPO, Alessandro de Oliveira; Escola de Arquitetura - UFMG

alessandropolicarpo@me.com

Resumo

Este artigo apresenta os resultados da segunda etapa de uma pesquisa sobre o desenvolvimento tecnológico de um material compósito sustentável, a partir de resíduos gerados pela indústria moveleira. As conclusões aqui demonstradas estão fundamentadas em pesquisa realizada previamente nas empresas do setor localizadas na região metropolitana de Belo Horizonte. Seu desenvolvimento compreende: seleção dos resíduos; desenvolvimento do material compósito; desenvolvimento de alternativas (produtos e serviços) para utilização dos resíduos; projeto e acompanhamento da fabricação dos moldes; e fabricação dos produtos utilizando a nova tecnologia. Como resultado desta etapa, conseguiu-se desenvolver a composição do material, sistematizar sua dinâmica de produção, verificar sua viabilidade produtiva e gerar alternativas de aplicação. A tecnologia desenvolvida surge como uma possibilidade sustentável para a destinação correta e, além de tudo, lucrativa desses resíduos, que, apesar de sua relevância, não recebem o devido tratamento por parte dos responsáveis.

Palavras Chave: resíduos; indústria moveleira; design.

Abstract

This paper presents the results of the second stage of a research that deals with the technological development of a sustainable composite material made from the wood waste generated by the furniture industry. The results shown here are anchored on a research previously conducted along with companies of the sector based in the metropolitan area of Belo Horizonte and its development consists of granulometric classification of the waste; development of the composite material; development of alternatives of products and services to apply the composite material; project and manufacture of the moulds, manufacture of products using the new technology. As a result of this stage, it was possible to set the composition of material, systematize its production dynamics, verify its productive feasibility and generate alternatives for applications. The developed technology emerges as a sustainable possibility for the correct and, above all, profitable disposal of these wastes that, despite their relevance, do not receive the right treatment by those responsible.

Keywords: waste; furniture industry; design.



1. Introdução

A indústria de móveis no Brasil se destaca na cadeia produtiva da madeira por meio das marcenarias e dos fabricantes de móveis. Os principais resíduos gerados são consequência direta da transformação da madeira maciça ou de painéis durante a produção dos móveis. Embora a Lei 12.305, de 2010, tenha instituído a Política Nacional de Resíduos Sólidos, que dispõe sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento dos resíduos sólidos, são poucas as iniciativas de programas de gerenciamento ou de aproveitamento de resíduos na indústria moveleira nacional. A maioria das indústrias ainda destina os resíduos para aterros sanitários, para a forração de granjas ou, simplesmente, para a queima a céu aberto.

No polo moveleiro de Belo Horizonte, segundo Corrêa et al. (2016), há 134 empresas associadas ao Sindicato das Indústrias do Mobiliário (Sindimov-MG), das quais 84 são de móveis. Elas geram 298 toneladas de resíduos – aparas e pó de MDF e serragem de madeira maciça – por mês, das quais apenas 16% têm destinação correta –, ou seja, são incineradas ou coprocessadas. Esses resíduos podem apresentar alguma periculosidade quando não têm disposição adequada, especialmente se estiverem estocados de maneira inadequada, próximo às instalações industriais ou aglomerações urbanas.

Nesse cenário, desenvolveu-se um novo material compósito, por meio do qual se aproveitam os resíduos gerados pelas indústrias. É composto de resíduos da própria indústria moveleira e de adesivo, que são prensados. Também se desenvolveram produtos nos quais foi utilizado o novo material. Destaca-se, ainda, a criação de uma marca para a nova tecnologia, denominada LIGNO. Com base nessa nova tecnologia, o produto sai pronto do molde, não necessitando de nenhuma operação de usinagem ou corte, mas apenas a aplicação de alguma proteção, como tinta ou verniz. Além disso, pode ser transferida com relativa facilidade para as empresas do setor que queiram aproveitar seus resíduos. Com a fabricação de produtos utilizando essa nova tecnologia, as empresas podem contribuir para o meio ambiente, deixando de descartar seus resíduos em aterros ou a céu aberto, e para a sociedade, gerando mais emprego e renda, além de diminuir gastos, por não terem que arcar financeiramente com o descarte dos resíduos. Sobretudo, podem obter lucro com a fabricação de produtos de alto valor agregado utilizando os próprios resíduos.

2. A reinserção de resíduos de madeira na cadeia produtiva

Artigo publicado por Corrêa et al. (2016) alerta para o alto volume de resíduos produzidos, porém sem destinação adequada. Nesse sentido, há algumas pesquisas documentadas que se desenvolvem sob a premissa de reintroduzir esses resíduos na cadeia produtiva – por exemplo, em Abreu et al. (2009) e Pereira et al. (2010) –, indicando a plena viabilidade de uma solução no âmbito dessa abordagem, mas que não conseguem, em sua grande maioria, materializar resultados que possam ser facilmente transferidos para a realidade industrial e que, sobretudo, tragam, além do positivo impacto ambiental, possibilidades de exploração comercial.

Hexion Inc (2010), na patente US7803855B2, documenta o desenvolvimento de um compósito realizado a partir da mistura de fenol formaldeído (PF), éster de polivinila (PVA), proteína de origem animal ou vegetal e madeira. A tecnologia tem o propósito de melhorar as propriedades do material quanto à estabilidade e à força das ligações internas, diminuir os níveis da liberação do fenol formaldeído (PF) na produção das placas e retirar a ureia nos processos de confecção da composição. O processamento deste compósito prevê as seguintes etapas: a)



mistura da resina formada por fenol formaldeído (PF), éster polivinílico (PVA) e proteína de soja (origem vegetal); b) aplicação da resina na madeira, por meio de pulverização e mistura dos elementos de maneira uniforme; e c) os pedaços de madeira revestidos com a resina são soltos em suas matrizes contendo o formato de placas e posteriormente são prensadas em uma temperatura de 140 a 170°C.

Em sentido mais próximo dos objetivos desta pesquisa, a Ciatec A.C (2013) desenvolveu, como demonstrado na patente MX2011008552, um composto com o resíduo sólido de madeira e resina polimérica PET. O processamento deste compósito contempla as seguintes etapas: a) verificação dos materiais com relação à sua consistência e umidade; b) pesagem do polímero e da serragem de madeira; c) os componentes são misturados em alta temperatura (240-265°C) no processo de extrusão de dupla rosca, para garantir uma forma homogênea; e d) o composto é transferido para um molde em elevada temperatura, para ser comprimido em uma prensa, resultando no produto final.

Exemplificando a abordagem de produção por extrusão, extensivamente encontrada em trabalhos relacionados e análogos, a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2009), na patente PI 0802175-9 A2, descreve a utilização da farinha de resíduo de madeira, um subproduto da usinagem de madeira não impregnada, tipo *pinus caribea*, *pinus elliotti*, *eucaliptus*, em conjunto com o resíduo de MDF (*Médium Density Fiberboard*), e sua compostagem com termoplásticos virgens, pós-consumo e aparas industriais. O invento em questão demonstra o desenvolvimento de processos de manufatura de concentrados de compósitos polímero-madeira-MDF utilizados para a obtenção de componentes injetados e a extrusão de perfis a partir desses compósitos em geometrias predefinidas por matrizes de extrusão.

Como elucidado nos trabalhos citados, é evidente a viabilidade da reintegração dos resíduos produzidos pela indústria moveleira em seus respectivos setores produtivos. Porém, fica nítida a carência de aprofundamento na real aplicação de todos esses processos em soluções viáveis e tangíveis que possam, de fato, trazer um impacto prático para a realidade do setor. Alguns fatores contribuem para esta conclusão, destacando-se a exploração de processos produtivos dispendiosos, como a injeção ou a extrusão, abordada pela Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (2009) e inúmeros outros autores com propostas análogas. Segundo o Panorama do Setor Moveleiro no Brasil (2006), produzido pela Associação Brasileira das Indústrias do Mobiliário (ABIMÓVEL), 74% das indústrias nacionais do setor são microempresas de até 9 funcionários. Portanto, seria incompatível propor a adoção de novas plantas produtivas de alto investimento como requisito para viabilizar o reaproveitamento dos resíduos aqui abordados. Nas demais propostas que fogem a esse padrão, notam-se resultados que não extrapolam o âmbito da termoformagem de placas e painéis. Ou seja, o produto do processo de reaproveitamento entraria, neste cenário, em competição com as placas de madeira reconstituída originárias, cuja produção ocorre em plantas industrializadas, tornando seu produto final muito mais barato em relação ao material reaproveitado. Para contornar essas questões levantadas, este estudo propõe um processo de manufatura por termoformagem em matriz fechada para a fabricação de produtos cuja morfologia será exatamente a contraforma do molde utilizado. Desse modo, consegue-se obter formas complexas para a aplicação em produtos de alto valor agregado, sem a necessidade de posterior usinagem ou tratamento. O adesivo utilizado é o de poliacetato de vinila (PVA), por se apresentar economicamente mais acessível e, ainda, por não ser amplamente explorado neste tipo de aplicação.



3. Procedimentos metodológicos

Para atingir os resultados almejados, foram empregados os seguintes procedimentos:

- **Seleção dos resíduos.** Tendo como referência o resultado da pesquisa dos resíduos realizado nas empresas, correspondente à primeira etapa dessa pesquisa (CORRÊA et al., 2016), decidiu-se trabalhar com os dois tipos de resíduos mais utilizados pelas indústrias moveleiras pesquisadas – madeira maciça (peroba) e MDF – para os testes. Compreendeu três procedimentos: a) homogeneização dos resíduos, para garantir que a amostra representaria o todo; b) análise granulométrica da amostra de cabeça, por peneiramento a seco, para se ter uma noção da divisão granulométrica dos resíduos, mediante utilização de um peneirador vibratório suspenso para os resíduos de MDF, em 14 peneiras, variando de aberturas de 0,106mm a 4,75mm, e para os resíduos de peroba, 15 peneiras, variando de 0,212mm a 12,5mm; e c) peneiramento exaustivo dos resíduos.
- **Desenvolvimento do material compósito.** Compreendeu duas fases: a fabricação das placas, para a retirada dos corpos de prova; e b) ensaios físico-mecânicos, para a caracterização do material. Para a fabricação das placas, utilizaram-se dois grupos do resíduo de MDF (>0,106mm e <0,106mm) e um do de peroba (>2,36 mm), que representavam maior quantidade na classificação granulométrica. Para os testes iniciais de prensagem, utilizaram-se 12 tratamentos (Tabela 1).

Tabela 1 – Especificação de cada um dos 12 tratamentos, demonstrando o tipo de resíduo, o tamanho das partículas, o adesivo utilizado e a porcentagem.

Tratamento	Resíduo	Tamanho	Adesivo	%
1	MDF	>0,106	PVA	20
2	MDF	>0,106	Poliuretano vegetal	20
3	MDF	<0,106	PVA	20
4	MDF	<0,106	Poliuretano vegetal	20
5	PEROBA	>2,36	PVA	20
6	PEROBA	>2,36	Poliuretano vegetal	20
7	MDF	>0,106	PVA	40
8	MDF	<0,106	PVA	40
9	PEROBA	>2,36	PVA	40
10	PEROBA	>2,36	Poliuretano vegetal	40
11	MDF	>0,106	Poliuretano vegetal	40
12	MDF	<0,106	Poliuretano vegetal	40

Fonte: Elaborada pelos autores

Os procedimentos para a fabricação das placas compreenderam: a) pesagem do resíduo e do adesivo; b) encolamento, isto é, aspersão do adesivo no resíduo com pistola de pintura e mistura da massa, para homogeneizar o material; c) pesagem da quantidade, para se ter uma densidade de 650 kg/m³; d) formação do colchão na prensa (Fig. 1); e) prensagem: 6 minutos com 12 toneladas de pressão a 190°C. As placas foram prensadas todas com 6mm de espessura e em torno de 220mm de largura e comprimento.