

Utilisation de résidus de panneaux contreplaqués pour la production de parquets contrecollés en bois

CASAGRANDE Leandro¹, MICHAUD Franck², OLIVEIRA Natalia¹⁻²,
TRIANOSKI Rosilani¹

¹ Université Fédérale du Paraná, Brésil

² Ecole Supérieure du Bois, France

rosilani@ufpr.br

Mots clefs : déchets de bois ; copeaux ; valorisation des déchets ; économie circulaire

Contexte et objectifs

Le secteur de l'industrie du bois est l'un des principaux segments de l'économie mondiale et représente une activité complexe et diversifiée, englobant une gamme de produits et d'applications destinées aux marchés nationaux et internationaux (Snif 2020).

Le Brésil joue un rôle significatif dans la production mondiale de produits forestiers, notamment dans les segments de la pâte à papier, du bois scié, des panneaux reconstitués, des parquets, entre autres (Ibá 2024). Le processus de fabrication de ces produits génère toutefois différents types de résidus, susceptibles d'entraîner des impacts environnementaux significatifs (Adhikari et Ozarska 2018).

Dans ce contexte, il s'avère essentiel que les industries du bois adoptent des stratégies visant à minimiser, valoriser et optimiser l'utilisation des résidus de bois, puisque, lorsqu'ils sont utilisés correctement, ces matériaux constituent une base précieuse de matières premières pouvant contribuer à réduire la nécessité de bois brut (Akan et al 2021). Cela permet non seulement de réduire l'impact environnemental, mais également à répondre à la demande croissante en bois sans accentuer la pression exercée sur les forêts naturelles (Pandley 2022).

L'économie circulaire se présente comme une stratégie particulièrement efficace pour promouvoir le développement durable, puisqu'elles sont interconnectées de plusieurs façons, permettant des changements structurels essentiels à la mise en œuvre d'initiatives et de productions durables dans l'industrie (Pieroni et al 2019). En adoptant des pratiques d'économie circulaire, l'industrie peut valoriser un déchet de production et ainsi transformer un coût de gestion matière en une opportunité de profit via de nouveaux produits (Araujo et al 2019).

En ce sens, afin de réduire le volume de résidus éliminés dans l'industrie du bois et d'évaluer la faisabilité technique et économique de leur réutilisation, la présente recherche propose l'utilisation des résidus de panneaux contreplaqués (chutes) pour la fabrication de bases structurées destinées à la production de parquets contrecollés en bois.

Matériel et méthode

Cette recherche a été menée en partenariat avec une entreprise de parquets contrecollés en bois (Masterpiso), située dans la région de Curitiba, au Brésil. L'entreprise produit des parquets contrecollés et utilise comme matières premières des panneaux contreplaqués et des panneaux lattés pour la base structurée, ainsi que des placages tranchés ou des lamelles de bois tropicaux pour la couche de revêtement. Le processus de production génère une large variété de résidus tels que la sciure, les copeaux, les chutes, les découpes et autres sous-produits, parmi lesquels

les chutes de panneaux contreplaqués représentent le plus grand volume ($\pm 5\%$). Ces derniers ont actuellement un impact économique considérable sur les coûts d'exploitation de l'entreprise.

Ainsi, un relevé du volume de résidus de chutes de panneaux contreplaqués a été effectué sur une période d'un an, ainsi que des épaisseurs de panneaux les plus couramment utilisées comme matière première pour les bases des parquets, et la classification de ces résidus conformément à la norme Abnt 10004 (2004). Par la suite, une estimation des coûts associés à l'élimination adéquate de ces résidus par des entreprises spécialisées dans la gestion des déchets a été réalisée. Enfin, dans une perspective d'économie circulaire, il a été proposé de valoriser ces chutes pour la production de panneaux lattés destinés aux bases structurées des parquets.

Production des panneaux ou bases structurées

Les chutes issues des trois épaisseurs de panneaux contreplaqués les plus utilisées dans le processus de fabrication des parquets (7, 10/10,2 et 13 mm) ont été séparées et transformées à l'aide de scies et de ponceuses afin d'obtenir des tasseaux standardisés aux dimensions finales de 500 mm de longueur, 40 mm de largeur et d'épaisseurs de 6,8, 9,8 ou 13,2 mm. Ces dimensions sont comparables à celles des tasseaux en bois massif utilisés dans la fabrication de parquets à partir de panneaux lattés déjà disponibles sur le marché.

Après la préparation des tasseaux, des panneaux destinés aux bases structurées ont été produits avec les dimensions suivantes : (a) $500 \times 500 \times 10 \text{ mm}^3$; (b) $500 \times 500 \times 13 \text{ mm}^3$; (c) $500 \times 500 \times 16 \text{ mm}^3$. Pour le collage des tasseaux sur des placages déroulés de pin (1,7 mm), une colle phénolique a été formulée, présentant une teneur en solides de 34% et une viscosité de 130 secondes au gobelet Ford, appliquée sur les placages à raison de 180 g/m^2 . Le montage des bases a été réalisé manuellement, où les chutes de contreplaqué ont été disposées côte à côte sur le placage encollé (contre-parement), avec une orientation perpendiculaire aux fibres par rapport à celles du placage. Ensuite, il a été appliqué un placage de parement, également encollé et orienté perpendiculairement aux fibres des chutes. Ce procédé de croisement des fibres entre chutes et placages avait pour objectif d'assurer l'équilibrage de la base.

Chaque panneau a été pressé dans une presse hydraulique à une température de 140°C , sous une pression de 9 kgf/cm^2 , pendant 7 minutes. Après pressage, les panneaux ont été conditionnés, puis soumis à l'équerrage et au calibrage de l'épaisseur. 10 panneaux ont été produits pour chaque épaisseur, dont 5 ont été destinés à l'évaluation des propriétés physiques et mécaniques et 5 à la production de parquets contrecollés expérimentaux.

L'évaluation des propriétés physiques et mécaniques a porté sur la détermination de la masse volumique apparente, de la teneur en humidité, de la stabilité dimensionnelle ainsi que de la flexion statique, conformément à la norme Abnt 17002 (2021). L'essai de cisaillement de la ligne de collage a été conduit selon la norme Abnt 12466-1 et 2 (2012), et l'essai de délamination conformément à la norme Ansi Hpva EF (2009). À titre de comparaison, trois panneaux lattés industriels en contreplaqué d'une épaisseur de 11,5 mm ont été utilisés comme témoins.

Production des parquets contrecollés

La production des parquets contrecollés expérimentaux a été réalisée en trois étapes : collage du revêtement (lamelles), usinage et vernissage. 5 panneaux par épaisseur ont été utilisés, totalisant 15 prototypes, transformés en lames de parquet.

Le collage des lamelles de *Dipteryx odorata* (cumaru) a été effectué à l'aide d'un adhésif de type émulsion polymère d'isocyanate (EPI), appliqué à raison de 200 g/m^2 , avec un pressage à

froid à 10 kgf/cm² pendant 30 minutes. Les lamelles ont été collées de façon à ce que l'orientation de leurs fibres soit parallèle à celle des fibres des placages de transition (parement) de la base structurée, et perpendiculaire à l'orientation des fibres des chutes ou tasseaux de contreplaqué.

La deuxième étape a consisté en l'usinage des lames, réalisé après un temps de repos de 24 heures suivant le collage des lamelles sur les bases, afin de permettre la polymérisation complète de la ligne de collage. Le tronçonnage de l'ensemble base + lamelle (prototype) a été effectué dans le sens longitudinal des fibres des lamelles, ce qui a permis d'obtenir les lames de parquet. Ensuite, les lames ont été poncées afin de calibrer l'épaisseur finale de chaque parquet, puis fraisées : les chants et les extrémités ont été usinés afin de former les assemblages à rainure et languette (mâle et femelle).

La troisième étape a consisté en la finition de surface réalisée sur une ligne de vernissage aux ultraviolets (UV). Deux couches d'enduit ont été appliquées, suivies d'une couche de scellant, d'une couche de fond abrasif, d'une autre couche de primaire, d'une couche de revêtement à base d'oxyde d'aluminium, destinée à améliorer la résistance et la durabilité de la surface, puis de trois couches de vernis UV. Une fois les parquets finalisés, ceux-ci ont été soumis au contrôle qualité.

Le contrôle qualité et la détermination des propriétés des parquets contrecollés expérimentaux ont été réalisés par la vérification des assemblages, la délamination (Ansi 2009), l'adhérence du vernis (Astm D3359 2022), la brillance (Abnt 14535 2008) et l'abrasion (Abnt 14833 2002).

Les résultats obtenus ont été soumis à une analyse statistique comprenant la vérification des valeurs aberrantes, l'homogénéité des variances, l'analyse de variance et la comparaison des moyennes par le test de Tukey. Les analyses ont été effectuées à l'aide du logiciel statistique Statgraphics, avec un niveau de confiance de 95%.

Résultats et discussion

Volume de résidus de chutes de panneaux contreplaqués, coûts d'élimination et classification

Les résultats issus du relevé des résidus indiquent qu'au cours d'une année, 216 m³ de chutes de panneaux contreplaqués sont générés, ce qui entraîne un coût d'élimination estimé entre 2.300,00 € à 5.200,00 €, selon la qualité du service fourni par l'entreprise de gestion des déchets.

Les épaisseurs de panneaux contreplaqués les plus utilisées dans la production de parquets contrecollés sont de 7, 10/10,2 et 13 mm, tous en pin (*Pinus*). Ces épaisseurs représentent un volume annuel d'environ 150 m³, soit 70 % du volume de résidus de chutes générées, ce qui correspond à un coût d'élimination compris entre 1.600,00 à 3.600,00 €.

Les résidus des chutes de panneaux contreplaqués sont classés comme déchets de Classe I – Dangereux (Abnt 10004 2004), car ces panneaux utilisent, pour l'assemblage des placages, des adhésifs à base de formaldéhyde et d'autres composants qui ne sont pas qualifiés comme inertes. Par conséquent, des précautions spécifiques doivent être adoptées dans la gestion de ce matériau afin d'éviter toute contamination environnementale.

Propriétés des panneaux ou bases structurées

Les résultats relatifs aux propriétés physiques et mécaniques des panneaux produits pour une utilisation comme bases structurées dans les parquets contrecollés sont présentés dans le Tab. 1.

Les résultats de la masse volumique apparente ont montré que les bases structurées de 9,5 et 13 mm se sont révélées statistiquement supérieures à la base de 16 mm et à l'échantillon témoin. Des valeurs plus élevées de masse volumique impliquent généralement une meilleure résistance

mécanique. Les teneurs en humidité ont varié entre 11,00 et 11,68%, une différence significative ayant été observée entre les bases expérimentales et le panneau latté industriel.

Tab. 1 : Résultats moyens des propriétés physiques et mécaniques des bases structurées

Propriété – Base structurées	9,5 mm	13 mm	16 mm	Control
Densité (g/cm ³)	0,596 a (4,75)	0,595 a (3,72)	0,508 b (3,37)	0,514 b (7,21)
Humidité (%)	11,44 ab (5,13)	11,68 a (5,85)	11,60 a (5,34)	11,00 b (3,99)
Absorption d'eau (%)	70,62 c (7,27)	65,76 c (8,63)	77,37 b (8,89)	92,11 a (16,78)
Gonflement + Reprise d'épaisseur (%)	7,94 a (19,35)	9,95 a (14,50)	7,83 a (11,01)	8,26 a (15,98)
Résistance à la flexion parallèle (MPa)	33,34 ab (25,40)	26,77 b (33,86)	17,88 c (29,39)	39,93 a (13,85)
Résistance à la flexion perpendiculaire (MPa)	15,19 c (32,49)	17,73 bc (24,98)	20,46 b (21,82)	32,14 a (17,06)
Cisaillement (MPa)	0,45 a (52,23)	0,48 a (65,57)	0,44 a (42,54)	0,33 a (25,78)
Défaillance du bois	83%	19%	99%	2%
Délaminage (%)	Sans délam.	Sans délam.	Sans délam.	8,3%

Les moyennes suivies de la même lettre dans la même ligne sont statistiquement égales entre elles avec une fiabilité de 95%. Les valeurs entre parenthèses indiquent le coefficient de variation des échantillons en pourcentage.

En ce qui concerne les résultats d'absorption d'eau, il a été constaté que toutes les bases structurées expérimentales présentaient des valeurs statistiquement inférieures à celles du panneau latté témoin, indiquant ainsi une moindre absorption d'humidité et, par conséquent, une meilleure stabilité. Pour la propriété de gonflement et de reprise en épaisseur, bien qu'aucune différence statistique significative n'ait été observée entre les traitements, les bases structurées développées dans cette recherche ont présenté des valeurs moyennes plus faibles, ce qui permet d'inférer qu'elles tendent à être plus stables que les panneaux lattés déjà utilisés commercialement comme bases de parquet. Une bonne stabilité dimensionnelle constitue une caractéristique essentielle des parquets en bois, notamment dans des environnements soumis à de fortes variations hygrothermiques et lors de l'utilisation de lames de grandes dimensions, l'humidité interne pouvant varier de 2 à 4% au cours de l'année.

L'essai de flexion statique a montré que les bases expérimentales présentaient des valeurs moyennes de résistance dans les directions parallèle et perpendiculaire statistiquement égales ou inférieures à celles du panneau latté témoin. Ce résultat peut être attribué à la présence de « fenêtres » ou d'espaces vides entre les tasseaux, résultant d'un assemblage manuel, ce qui réduit la résistance en raison du manque de contact direct entre tasseaux.

En ce qui concerne le cisaillement de la ligne de collage entre les tasseaux et les placages, les bases structurées ont présenté des résultats moyens légèrement supérieurs à ceux du panneau latté industriel ; toutefois, aucune différence statistique significative n'a été constatée entre les traitements. De plus, les faibles valeurs obtenues par rapport aux exigences de la norme appliquée peuvent s'expliquer par la présence des « fenêtres » (d'espaces vides), qui réduisent le contact entre tasseau et placage, ainsi que par l'épaisseur des placages, car le procédé utilise normalement des placages de 1,7 mm qui, de plus, après leur collage sur les tasseaux, sont soumis à un ponçage, ce qui réduit encore leur épaisseur et fragilise la zone sollicitée.

En ce qui concerne la délamination, aucun décollement ni défaut n'a été observé lors des trois étapes d'évaluation pour les bases structurées développées. L'absence de défauts d'adhésion

confirme la bonne qualité du collage des bases structurées et leur conformité aux critères techniques établis par la norme Ansi Hpva, laquelle stipule qu'au moins 90% des échantillons doivent être exempts de délaminage pour valider le collage. Il convient de souligner que les bases structurées expérimentales ont présenté de meilleures performances que le panneau contreplaqué latté industriel (témoin), ce qui constitue un résultat particulièrement important.

Propriétés des parquets contrecollés

Les résultats relatifs aux propriétés des parquets contrecollés sont présentés dans le Tab.2.

Tab. 2 : Résultats moyens des propriétés des parquets contrecollés en bois

Propriété – Base	9,5 mm	13 mm	16 mm
Délaminage (%)	Sans délaminage	Sans délaminage	Sans délaminage
Usinage des assemblages	Satisfaisant	Satisfaisant	Satisfaisant
Brillance	23 ub (40,54)		
Adhérence	0% de vernis enlevé		
Cycles d'abrasion	2.300 cycles (6,52)		
Taux d'usure	165 mg/ 1000 cycles (6,04)		

Les valeurs entre parenthèses indiquent le coefficient de variation des échantillons en pourcentage (%).

Les résultats de délaminage ont indiqué que tous les parquets développés ont atteint 100% de conformité, démontrant une excellente qualité de collage entre la lamelle de *Dipteryx odorata* et la base structurée. Cette performance favorise la résistance des parquets multicouches, même dans des conditions d'utilisation intensive, ce qui se traduit par une durée de vie prolongée du produit et, par conséquent, une meilleure durabilité. En ce qui concerne l'usinage des assemblages à rainure et languette (mâle/femelle), les parquets produits avec les bases structurées développées ont présenté un niveau de qualité satisfaisant, sans fissures, éclats ni autres défauts visibles sur la surface des assemblages, ainsi que des dimensions adéquates, sans jeu ni espaces excessifs après la mise en place des lames et la vérification visuelle. Des assemblages de bonne qualité et avec un contact efficace réduisent, voire éliminent, les problèmes liés à l'absorption d'humidité, tels que l'instabilité, le gauchissement ou la délaminage, qui peuvent entraîner des coûts supplémentaires de maintenance ou même de remplacement. La finition avec vernis UV appliqué sur le revêtement/les lamelles a donné une valeur de 23 ub, ce qui le classe comme semi-mat (11 à 30 ub) selon la norme Abnt 14535 (2008). Les vernis semi-mats offrent une finition subtile et discrète avec une légère brillance. En ce qui concerne l'adhérence du vernis, tous les résultats ont été classés 5B, c'est-à-dire avec des arêtes de coupe parfaitement lisses, une absence totale de décollement (0%) et aucune élimination de la surface vernie, conformément à la norme Astm D3359 (2022). Ce bon résultat est le reflet d'une préparation adéquate de la surface des lamelles, suivie d'une application uniforme du vernis, d'un nombre élevé de couches de produit et d'un haut niveau industriel de polymérisation par rayonnement ultraviolet.

Enfin, la résistance à l'abrasion a montré que la finition avec vernis UV a atteint 2300 cycles ou rotations comme point final d'usure, indiquant que le revêtement des parquets est classé comme Classe 22, correspondant à un usage domestique avec trafic moyen ou modéré, conformément à la norme Abnt 14833-1 (2002).

Conclusions

- Les résidus de chutes de panneaux contreplaqués générés lors du processus de production sont classés comme déchets de Classe I – Dangereux, et impactent de manière significative les coûts d'exploitation de l'entreprise étudiée.

- La valorisation des résidus de panneaux contreplaqués sous forme de chutes a démontré une faisabilité technique pour la production de panneaux lattés destinés à être utilisés comme bases structurées de parquets contrecollés en bois.
- Les parquets contrecollés produits à partir des bases structurées expérimentales ont présenté une qualité et des propriétés adaptées à une utilisation dans des environnements soumis à un trafic moyen ou modéré.

Remerciements

À l'Université Fédérale du Paraná (UFPR), à l'École Supérieure du Bois (ESB), et la CAPES, en particulier au programme Capes Brafitec.

Références

Abnt (2002) Abnt NBR 14833-1, Revestimento de pisos laminados melamínicos de alta resistência, Part 1: Requisitos, características, classes e métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 32p.

Abnt (2004) Abnt NBR 10004, Resíduos Sólidos - Classificação. Rio de Janeiro, 15 p.

Abnt (2008) Abnt NBR 14535, Movéis de madeira - Requisitos e ensaio para superfície pintadas. Rio de Janeiro, 22p.

Abnt (2012) Abnt NBR 12466-1 e 2, Madeira Compensada - Qualidade de colagem : Métodos de ensaio e Requisitos, Partes 1 e 2, Rio de Janeiro.

Abnt (2021) Abnt NBR 17002, Compensado - Requisitos e métodos de ensaios. 20 p.

Ansi (2009) Ansi Hpva, American National Standard for Hardwood and Decorative Plywood.

Astm (2022) Astm D3359-22, Standard Test Methods for Rating Adhesion by Tape Test.

Adhikari S. Ozarska B (2018) Minimizing environmental impacts of timber products through the production process “From Sawmill to Final Products”, Environmental Systems, 7(1):6. <https://doi.org/10.1186/s40068-018-0109-x>

Akan OD, Udofia GE, Okeke ES, Mgbechidinma CL, Okove CL. ZoclanclounonYAB, Atakpa EO, Adebano OO (2021) Plastic waste: Status, degradation and microbial management options for Africa, Journal of Environmental Management. 292:1-12. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2021.112758>

Araújo CKC, Salvador R, Piekarski CM, Sokulski CC, Francisco AC, Camargo SKCA (2019) Circular economy practice on wood panels: A bibliographic analysis, Sustainability 11(4):1057. <https://doi.org/10.3390/su11041057>

Ibá (2024) Relatório anual 2023. 91p.

Pandley S (2022) Wood waste utilization and associated products development from under-utilized low-quality wood and its prospects in Nepal, SN Applied Sciences 4(168). <https://doi.org/10.1007/s42452-022-05061-5>

Pieroni MP, Aloone TC, Pigosso DC (2019) Business model innovation for circular economy and sustainability: A review of approaches, Journal of Cleaner Production, 215:198-216. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.01.036>

Snif (2025) Cadeia produtiva. <https://snif.florestal.gov.br/pt-br/144-producao-economia-e-mercado-florestal/cadeia-produtiva>.