

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E ENGENHARIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS FLORESTAIS E DA MADEIRA

VITOR VIANA SILVA

DESEMPENHO DE PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE EUCALIPTO COM ADIÇÃO DE
RESÍDUO HORTIGRANJEIRO

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO
2022

VITOR VIANA SILVA

DESEMPENHO DE PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE EUCALIPTO COM ADIÇÃO DE
RESÍDUO HORTIGRANJEIRO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Departamento de Ciências
Florestais e da Madeira da Universidade
Federal do Espírito Santo, como requisito
parcial para obtenção do título de
Engenheiro Industrial Madeireiro.

JERÔNIMO MONTEIRO
ESPÍRITO SANTO

2022

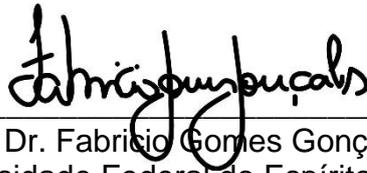
VITOR VIANA SILVA

DESEMPENHO DE PAINÉIS DE PARTÍCULAS DE EUCALIPTO COM ADIÇÃO DE
RESÍDUO HORTIGRANJEIRO

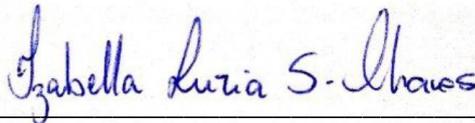
Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção do título de Engenheiro Industrial Madeireiro.

Aprovado em 21 de março de 2022

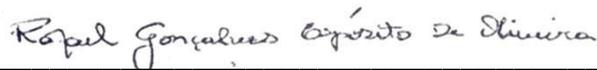
COMISSÃO EXAMINADORA



Prof. Dr. Fabricio Gomes Gonçalves
Universidade Federal do Espírito Santo
Orientador



Izabella Luzia Silva Chaves
Doutoranda em Ciências Florestais
Universidade Federal do Espírito Santo



Rafael Gonçalves Espósito de Oliveira
Doutorando em Ciências Florestais
Universidade Federal do Espírito Santo

“Boa sorte é o que acontece quando a oportunidade encontra o planejamento.”

Thomas Edison

AGRADECIMENTOS

À todos que direta ou indiretamente me apoiaram e me incentivaram no desenvolvimento deste trabalho, meus sinceros agradecimentos.

A Deus pela vida, pela minha família, pelos amigos e por todas as conquistas alcançadas até aqui.

À Universidade Federal do Espírito Santo, pela oportunidade de realização do curso de Engenharia Industrial Madeireira.

Ao Professor orientador Fabricio Gomes Gonçalves, pela orientação, ensinamentos e todo apoio.

Ao marceneiro Elecy Palácio pela ajuda e pelo apoio no decorrer deste trabalho.

A Érika, pelo companheirismo e apoio.

RESUMO

As indústrias madeireiras assim como as de avicultura são responsáveis pela geração de inúmeros resíduos. O descarte desses materiais é em grande parte por meio da queima e ou depósito em local inadequado. Para evitar esse desperdício e visar sua reutilização, uma possível solução é a fabricação de painéis de partículas, que não só agrega valor ao produto como também proporciona ganhos ambientais. Na produção de painéis a maioria dos adesivos utilizados são sintéticos, sendo o adesivo ureia-formaldeído o mais comum devido ao seu custo benefício quando comparado aos demais. A quantidade de adesivo e partículas presentes no painel influencia diretamente nas suas propriedades físicas, mecânicas e no custo final. Este trabalho avaliou o comportamento de painéis de partículas de *Eucalyptus* sp. produzidos com adição de resíduo inorgânico hortigranjeiro (casca de ovo) e o uso do adesivo ureia-formaldeído em quatro tratamentos (sem casca, 1, 3, 5 e 10 partes por peso seco de casca). Foram confeccionados painéis aglomerados de partículas de madeira de eucalipto com casca de ovo e feitos ensaios físicos de absorção de água, inchamento em espessura, umidade, densidade aparente e perfil densitométrico. Foi possível observar que para absorção de água 2h e 24h, obtiveram valores significativos ($P = 0,0011$ e $P = 0,0007$) assim como para inchamento em espessura 2h e 24h com ($P = 0.0101$ e $P = 0.0000$) respectivamente. Por meio disso é possível afirmar que a adição de casca de ovo aos painéis, influenciou no aumento do inchamento em espessura e na absorção de água. A quantidade de resíduo hortigranjeiro também influencia diretamente na densidade do painel, com valores mais altos para os tratamentos com maior proporção. Já o ensaio de umidade, apresentou valores mais baixos para os painéis que possuíam maior quantidade de casca de ovo.

Palavras Chave: *Eucalyptus*, Casca de Ovo, Ureia-formaldeído, Painéis.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. OBJETIVOS.....	10
2.1 Objetivo geral.....	10
2.2 Objetivos específicos	10
3 REVISÃO DE LITERATURA	11
3.1 Resíduos Sólidos	11
3.2 O Eucalipto e uso de sua madeira	12
3.3 Características e Propriedades da Madeira de Eucalipto	13
3.4 Características da casca de ovo	14
3.5 Ureia-Formaldeído.....	15
4 MATERIAIS E MÉTODOS.....	17
4.1 Obtenção e preparo da matéria-prima	17
4.2 Produção dos painéis.....	19
4.3 Ensaio físicos	20
4.3.1 Densidade.....	21
4.3.2 Umidade.....	21
4.3.3 Inchamento em Espessura e Absorção de Água	22
4.3.4 Perfil densitométrico.....	23
4.4 Tratamentos e análise estatística dos dados	24
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES	25
5.1 Ensaio de determinação da densidade.....	25
5.2 Ensaio de teor de Umidade.....	26
5.3 Ensaio de Inchamento em Espessura após 2h e 24h de imersão.....	27
5.4 Ensaio de Absorção de Água após 2h e 24h de imersão	29
5.5 Perfil densitométrico	31
6 CONCLUSÃO	32
REFERÊNCIAS	33

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento das civilizações é condicionado à existência dos recursos naturais e pelas técnicas conhecidas para suas utilizações e modificações (WORSTER, 2001). Outrora, a madeira é um dos recursos mais versáteis na natureza, por consequência sua utilização esteve presente desde as construções de habitações até utensílios de caça (ROCHA, 2007). Com o passar do tempo, os benefícios da sua utilização foram aumentando, então, aprimoraram-se as técnicas para obter maiores vantagens sobre o produto (VITAL, 2008). Em meados do século 21, essa matéria prima está presente na indústria de celulose, móveis, energia, painéis, dentre outras e com o avanço da indústria madeireira surgem novas tendências tecnológicas, principalmente para produtos processados (LIMA, 2008).

No Brasil há uma grande incidência de florestas plantadas, sendo a principal espécie o eucalipto, que se apresenta como a arbórea mais cultivada e de maior importância econômica, tanto no país, quanto no mundo (WREGGE et al., 2017). De acordo com o Serviço Florestal Brasileiro/SFB (2018) a área total de florestas plantadas no Brasil cresceu 1,3%, um incremento de 131,8 mil hectares em relação ao ano anterior, totalizando 9,9 milhões de hectares. Desse total 7,5 milhões de hectares são áreas de eucalipto, representando 76,2% do total do país, sendo no Estado de Minas Gerais a maior área de floresta plantada no Brasil, superando 2 milhões de hectares, com quase a totalidade sendo florestas de eucalipto.

O gênero *Eucalyptus* ganhou notoriedade devido a sua fácil adaptação a ambientes, vasta diversidade de espécies, baixo consumo energético e características físicas e mecânicas (PROTÁSIO et al., 2013). No Brasil, o gênero tem sido amplamente utilizado pelo setor florestal e madeireiro como substituto imediato de madeiras oriundas de florestas nativas como fonte de matéria prima para diversos fins (PROTÁSIO et al., 2013), principalmente, para o segmento de painéis à base de madeira que vem crescendo e conquistando espaço desde a sua implantação (SILVA et al., 2019). Com a evolução constante desse mercado, objetiva-se aprimorar os painéis de partículas com o intuito de aperfeiçoar o produto final (SILVA, 2017).

O ovo galináceo é largamente consumido pela maioria da população brasileira, sendo o Estado do Espírito Santo o maior produtor de ovos do Brasil, onde são criadas 16,4 milhões de galinhas e 3,7 milhões de codornas que produzem por ano mais de 360 milhões de dúzias de ovos de galinha e 77 milhões de dúzias de ovos de codorna

(GONÇALVES, 2020). A comercialização desse produto gera grandes vantagens econômicas. Todavia o Brasil produz por ano cerca de 172.000 toneladas de resíduo de casca de ovo oriundo de restaurantes, indústrias alimentícias e até mesmo de residências (FREIRE et al., 2008; VIEIRA et al., 2017). O descarte adequado desse resíduo ainda é uma dificuldade nos dias atuais e geralmente as cascas de ovos são jogadas em aterros. O resultado deste tipo de destinação ocasiona o aumento dos custos para as empresas, dos problemas ambientais e de saúde pública (FREIRE et al., 2008). O resíduo de casca de ovo é composto principalmente por carbonato de cálcio (CaCO_3), fonte importante de CaO (óxido de cálcio), comercializado como cal, por esse motivo, busca-se aproveitar essa matéria (OLIVEIRA et al., 2013).

O setor de painéis de madeira tem apresentado crescimento no Brasil e no mundo a partir do ponto de vista sustentável. Visto que uma solução proposta para o reaproveitamento dos resíduos é a sua utilização em painéis de partículas (SHIROSAKI et al., 2019). A união de diferentes materiais orgânicos (Martins et al., 2020; Gonçalves et al., 2021) e inorgânicos (Lopez et al., 2020) como o resíduo proveniente do processamento do eucalipto e a casca de ovo unidos a resina ureia-formaldeído, se prensados sobre alta temperatura e pressão, geram um possível painel resistente a *stress* físico e a organismos xilófagos, além de promover um fim ecológico aos resíduos desvalorizados comercialmente através de uma gestão ambiental ecologicamente correta. Deste modo, objetivou-se a produção de painéis aglomerados, com adição de casca de ovo e adesivo à base de ureia-formaldeído com o intuito de avaliar as características dos painéis e apresentar uma proposta inovadora, utilizando resíduo hortigranjeiro.

O problema e sua importância

Observando materiais abundantes nas regiões próximas ao campus da UFES de Jerônimo Monteiro, onde, o Estado do Espírito Santo é o maior produtor avícola do país, sendo produzidos anualmente milhares de toneladas de resíduo hortigranjeiro, material desvalorizado comercialmente e com uma vasta gama de aplicações. Dentre estes materiais está a casca de ovo, produto rico em carbonato de cálcio e de baixo valor agregado.

Em contrapartida, o Estado vizinho, Minas Gerais, é o maior produtor de Eucalipto do Brasil, durante seus processamentos são gerados resíduos madeireiros com uma vasta gama de aplicações, entretanto, também possuem baixo valor agregado. Esta pesquisa visa a produção de painéis de média densidade aglomerando casca de ovo e partículas de Eucalipto, buscando valorizar resíduos de baixo valor agregado e proporcionando um novo painel com características ainda não conhecidas, unindo os 2 materiais com um adesivo sintético.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o comportamento de painéis de partículas de média densidade (MDP) confeccionado com madeira de eucalipto e resíduo hortigranjeiro (casca de ovo) com adesivo ureia-formaldeído.

2.2 Objetivos específicos

- I. Confeccionar painéis homogêneos de partículas de madeira de eucalipto e casca de ovo;
- II. Avaliar a influência da adição de resíduos hortigranjeiros nas propriedades físicas de painéis aglomerados

3 REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Resíduos Sólidos

Os resíduos no estado sólido e semissólido de acordo com a ABNT-NBR 10.004 (2004), são provenientes de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição.

Com a alta do aquecimento global, questões como a preservação ambiental e desenvolvimento sustentável entram em pauta. Dessa forma, a atenção especial tem sido dada para o destino dos resíduos de atividades industriais e urbanas (GONÇALVES, 2013). A reciclagem e a reutilização destes materiais são importantes como matéria-prima alternativa, preservando o meio ambiente e gerando renda (MANHÃES, 2008).

Após a Segunda Guerra Mundial, em função da escassez da matéria-prima e também, para reduzir as perdas que ocorriam na indústria madeireira e na exploração florestal, desenvolveu-se a tecnologia de painéis ou chapas aglomeradas. No Brasil, essa produção teve início em 1966 (MENDES et al., 2003). As partículas de madeira usadas nas indústrias de painéis aglomerados no Brasil, são preferencialmente os cavacos de madeira de reflorestamento proveniente de pinus e algumas espécies de eucalipto. (IWAKIRI et al., 2004)).

Segundo Menezes et al. (2002), todos os tipos de resíduos urbanos podem ser utilizados para esse fim após o tratamento adequado. Assim, é possível aplicar resíduos de diferentes origens em painéis alternativos, promovendo adequada disposição final e gerando materiais que preservem os recursos naturais (CHAMMA, 2004).

O desenvolvimento de pesquisas que permitam otimizar a produção de chapas de partículas utilizando resíduos é de suma importância, sendo necessário entender as propriedades físico-mecânicas para cada tipo de uso, visto que, esse ponto reflete diretamente na qualidade de produção (GARBE, 2009) e indica o destino adequado ao produto final com a intenção de atingir o melhor rendimento da matéria prima e menor custo industrial (GONÇALVES, 2013).

3.2 O Eucalipto e uso de sua madeira

O eucalipto é uma espécie nativa da Austrália, abundante em todo o país, (FERNÁNDEZ, 2008). Pertence à família *Myrtaceae* sendo majoritariamente do gênero *Eucalyptus* (ICNF, 2013). Por ser tratar de uma espécie de fácil adaptação, se tornou muito procurada para abastecimento de indústrias, uso em propriedades rurais, fábricas de celulose e outros usos. Sua introdução no Brasil aconteceu no final do século XIX e cresceu rapidamente (ANDRADE; VECCHI, 1918).

O *Eucalyptus* encontra-se distribuído em climas temperados a tropicais (BOOTH, 2012), com ocorrência em diversos países com objetivo ornamental e madeireiro em função de diferentes características, como a tolerância à seca, a solos de baixa qualidade e à resistência ao ataque da maioria dos herbívoros em regiões fora do seu habitat natural (FAO, 2007). É vantajoso economicamente e possibilita a obtenção de elevada produção em um curto período de tempo (ALVES et al., 2007; RADICH, 2007).

A madeira tem sido largamente utilizada no mercado por conta da sua versatilidade como matéria-prima para obtenção de diversos produtos (ALVES et al., 2007), principalmente, para produção de painéis aglomerados, que são fabricados a partir de madeira aglutinada e outros produtos sintéticos (CARASCHI et al., 2009).

Segundo Klímek et al. (2018), esse uso é principalmente devido aos altos volumes de produção e as restrições evidentes dos recursos naturais, podendo gerar uma futura escassez no fornecimento de madeira. Diversas pesquisas sobre materiais inovadores decorrem, atualmente, da preocupação dos consumidores não apenas com a qualidade e o preço, mas também com os impactos ambientais e sociais dos produtos e seus processos (GELDERMANN et al., 2016).

O uso de produtos à base de materiais lignocelulósicos (resíduos agroindustriais e fibras vegetais) na produção de painéis utilizados na arquitetura é crescente estando associado ao aumento do preço e diminuição da oferta de madeiras (CARASCHI et al., 2009). Dessa forma, a produção de painéis alternativos com aplicação de resíduos de diferentes origens pode contribuir para o atendimento da demanda e promover a adequada disposição final de resíduos, preservando os recursos naturais (CHAMMA, 2004).

3.3 Características e Propriedades da Madeira de Eucalipto

A madeira é constituída por células desiguais, possuindo diferentes tipos celulares que desempenham funções específicas no organismo. Essas variações ocorrem nas composições químicas, físicas e anatômicas da madeira, com incidência em larga escala entre as espécies (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 2005). As variações também são percebidas dentro de uma mesma espécie, são significativas a depender da altura do tronco, da direção da medula até a casca, das condições climáticas e do ambiente de crescimento. Além disso, existem diferenças entre o cerne e o alburno, madeira de início e fim de estação, em escala microscópica e entre células individuais (TRUGILHO; LIMA; MENDES, 2005).

A interação entre as propriedades químicas e anatômicas da madeira impactam diretamente no resultado da densidade básica, a qual possui variações provocadas por diferenças dimensionais nas células, pela quantidade de componentes presentes na madeira e das interações entre esses fatores (PANSIN; De ZEEUW, 1980), além da idade, do vigor, local de cultivo e com a taxa de crescimento.

Segundo Shimoyama (1990), o ambiente bem como sua manipulação, podem afetar as características da madeira e, com isso, a sua qualidade. As principais propriedades físicas e mecânicas que provocam impacto no produto são: a resistência mecânica, a massa específica aparente e a estabilidade dimensional (EUCALIPTO, 2003). Dessa forma, segundo Shioyama (1990), a densidade é um dos parâmetros mais importantes entre as diversas propriedades físicas da madeira, pois há relação direta com as demais propriedades.

Quando o objetivo do cultivo é obter espécies de rápido crescimento, o gênero *Eucalyptus* se apresenta como uma opção, devido sua capacidade produtiva e adaptabilidade a vários ambientes, assim como pela sua grande diversidade de espécies, tornando possível atender aos requisitos tecnológicos dos mais diversos segmentos da produção industrial madeireira (EUCALIPTO, 2001).

A qualidade da madeira de *Eucalyptus* tem uma relação direta com sua densidade e diversos autores utilizam essa propriedade física para explicar o comportamento físico-mecânico da madeira e qualificar sua utilização, como afirmado por Englerth (1996) e corroborado por Bortoletto (2008), Parolin, Worbes (2000) e Repola (2006). Outra característica fundamental para qualificar essa madeira é seu coeficiente anisotrópico (WASHUSEN et al., 2001), que proporciona a razão entre a

contração tangencial e radial. De acordo com Oliveira (1997), o gênero *Eucalyptus*, possui enorme potencial quanto ao suprimento de madeira para diversos fins na indústria, sabendo que a madeira proveniente de reflorestamento manejado possui boa qualidade e rápida taxa de crescimento.

3.4 Características da casca de ovo

Dentre os alimentos mais consumidos no mundo, encontra-se o ovo de galinha (VIEIRA et al, 2017b), o consumo desse produto gera enorme quantidade de cascas, sendo a estimativa mundial 5,92 milhões de toneladas por ano (OLIVEIRA et al., 2009). Esse produto residual pode ser aproveitado evitando futuros problemas ambientais (NAGABHUSCHANA et al., 2016). A sua comercialização em grande escala possui vantagens econômicas, como estender a vida útil do produto e também facilitar sua conservação e transporte (VIEIRA et al, 2017a).

A casca do ovo de galinha é uma biocerâmica natural e porosa, é uma estrutura policristalina, perfeitamente ordenada que se localiza por toda a casca calcificada (NYS, GAUTRON, 2007¹ citados por LACA, e DÍAZ 2017). Essa casca é formada por uma camada esponjosa de cutícula, uma camada de calcita ou carbonato de cálcio, duas membranas e por fim, aproximadamente 7.000-17.000 canais de poros que são distribuídos de forma desigual por toda a casca para troca de água e gases (LICHANG, KIM, 2008² citados por LACA e DÍAZ, 2017).

A saúde pública pode ser afetada quando o seu descarte é feito de maneira inadequada (VIEIRA et al., 2017b). Alguns aterros sanitários de resíduos sólidos urbanos se recusam a aceitar o resíduo devido a sua membrana (LEITE et al., 2016). Oliveira et al. (2013), chegaram à conclusão que não era comum usar a casca de ovo em processos industriais. Dessa forma, apresentaram diversas maneiras de agregar valor nesse material para formação de novos produtos.

Segundo Glatz et al. (2011), há aplicações no aumento da quantidade de minerais em diversos compostos, no impedimento da propagação de lesmas e caracóis por espalhamento em volta das plantas e no uso em sementes de ração. Já para Oliveira et al. (2013), pode-se agregar valor nesse material para formação de

¹ Gautron J.; Nys, Y. **Function of Eggshell Matrix Proteins**. In: Huopalahti, R.; López-Fandiño, R.; Anton, M.; Schade R. (eds) *Bioactive Egg Compounds*. Springer, Berlin, Heidelberg. 2007.

² Li-Chang, E.C.Y.; Kim, H.O. **Structure and Chemical Composition of Eggs**. In: Mine, Y. (Ed.), *Egg Bioscience and Biotechnology*. John Wiley & Sons Inc., USA, pp. 1-96. 2008.

novos produtos, como: pó de casca de ovo para fertilizante agrícola/hortícola, ração animal e/ou remoção de metais pesados, purificação de carbonato de cálcio e produção de hidroxiapatite.

Também existem usos alternativos para o produto, como mencionado por Wei et al. (2008), em que o resíduo pode ser utilizado para produzir biodiesel, como um catalisador sólido na transesterificação de óleos vegetais com metanol. Foi comprovado que através da calcinação da casca cria-se um catalisador mais econômico.

O resíduo contém membranas ricas em proteína que favorecem a atividade microbiológica. Essa membrana interior pode ser usada na produção de cosméticos, devido sua composição que contem glicoproteínas com colágeno (OLIVEIRA et al., 2013), substância utilizada para tratamentos estéticos na pele.

A casca é fonte de carbonato de cálcio (CaCO_3) e após sua conversão em óxido de cálcio (CaO) sua empregabilidade no meio agrícola aumenta (CORREA, 2015), também há abundância em minerais, proporcionando o uso como bioenchimento em compósitos de matriz polimérica (TORO et al., 2007) e para fins medicinais, aditivo alimentar ou suplemento de cálcio, sendo constituinte de implantes ósseos (OLIVEIRA et al., 2013).

3.5 Ureia-Formaldeído

As partículas de madeiras são unidas a adesivos sintéticos ou outros aglomerantes, esses elementos são prensados a quente para que ocorra a cura da resina (CARASCHI et al., 2009). Como forma de ampliar o aproveitamento dos materiais provenientes da produção vegetal, desenvolveu-se os primeiros painéis aglomerados, propiciando assim um destino mais nobre às madeiras de dimensões ou qualidade inferiores (GUIMARÃES JÚNIOR, 2008).

A empresa Placas do Paraná, foi pioneira na produção de painéis aglomerados em 1966 na cidade de Curitiba (PEDRESCHI, 2009). Segundo a FAO - Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (2007), um painel de partículas é fabricado unindo pequenos pedaços de madeira (como chips, flocos, partículas ou outros materiais lignocelulósicos) com um aglutinante, utilizado também, agentes como calor, pressão, umidade, catalisadores, entre outros.

Para aderir as partículas de madeira em um painel é utilizado o adesivo ou resina, que pode ser de origem orgânica ou inorgânica, de acordo com a NBR 14810-1 (ABNT, 2018). Os ligantes são definidos como sistemas de adesivos que são usados para unir partículas de materiais variados e possuem como objetivo a união dos substratos e também preencher os espaços vazios (VILAR, 2004).

O adesivo mais usado na produção de painéis devido ao seu baixo custo, é a base de ureia-formaldeído (UF), utilizada numa proporção de 12%, em média, pela indústria em relação a massa total de partículas, porém, possui baixa resistência a umidade, o que limita sua utilização (IWAKIRI et al., 2005; SARTORI, 2012; GONÇALVES et al., 2013). Com o objetivo de melhorar a resistência do painel com relação à absorção de água, utiliza-se a parafina, o que causa um efeito significativo apenas em curto prazo (PEDRESCHI, 2009), podendo comprometer outras propriedades.

Existem diversas vantagens com a utilização da UF, como por exemplo: a solubilidade inicial em água, a dureza, o fato de não ser inflamável, apresenta boas propriedades térmicas, ausência de cor na cura dos polímeros e fácil adaptabilidade nas condições de cura (PIZZI, 2003).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 Obtenção e preparo da matéria-prima

O trabalho foi desenvolvido no Laboratório de Painéis do Departamento de Ciências Florestais e da Madeira da Universidade Federal do Espírito Santo (UFES), localizado no município de Jerônimo Monteiro - ES.

Para a produção dos painéis aglomerados foram utilizadas partículas de madeira e resíduo hortigranjeiro casca de ovo. A madeira utilizada neste estudo pertence ao gênero *Eucalyptus* (Figura 1A) sendo oriunda da área experimental do Centro de Ciências Agrárias e Engenharias da Universidade Federal do Espírito Santo, localizada no município de Alegre, ES. O resíduo casca de ovo (Figura 1B) foi coletado após o uso culinário e industrial, proveniente de restaurantes e uso doméstico.



Figura 1 – A: Toras de eucalipto no pátio; B: Cascas de ovo.

Fonte: o autor.

Previamente houve a serragem das toras secas ao ar na serra fita horizontal formando tábuas (Figura 2A), em seguida o material passou por uma segunda serragem, formando diversas tábuas com 20,0 cm de comprimento (Figura 2B).



Figura 2 – A: Serragem das toras; B: Serragem das taboas.
Fonte: o autor.

Foi realizada a saturação da madeira submergindo-as numa caixa d'água de mil litros com água durante 30 dias. Após saturado, o material passou por cortes em formato de lâminas, sendo processados por um gerador de partículas de madeira (MA685 - Marconi), gerando assim diversas partículas com espessura de 1,5 mm (Figura 3A).

As partículas foram postas em um moinho de martelo com malha de 8mm (Figura 3B) para formação da partícula (Figura 4A), que buscando proporcionar maior homogeneização do material, passou pelas peneiras 1 e 2 (Figura 4B) com malhas de 8,0 e 4,0 mm de diâmetro, para obtenção das partículas homogeneizada e para retirada de resíduos menores sobressalentes respectivamente. Já, o resíduo casca de ovo foi processado, moído e peneirado em malha de 2 mm de diâmetro.



Figura 3 – A: Partículas processadas do martelete; B: Moedor.
Fonte: o autor.

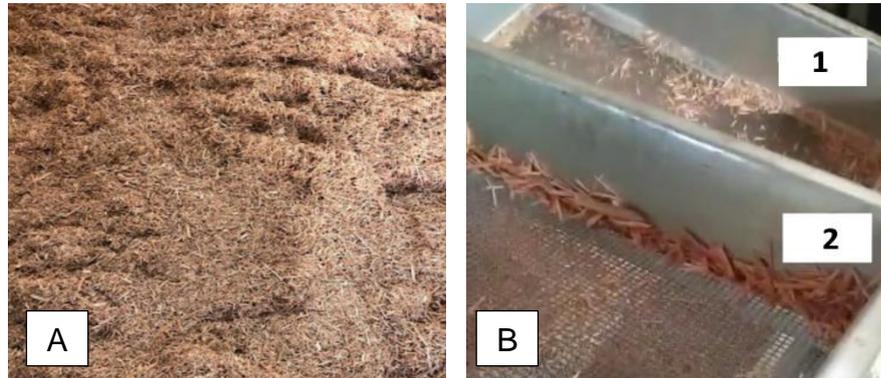


Figura 4 – A: Maravalha do moedor; B: Peneiras 1 e 2.
Fonte: o autor.

4.2 Produção dos painéis

Tendo em vista a razão de compactação foi determinado de antemão as medidas dos painéis aglomerados e adesivo ureia-formaldeído de 100:12 (partículas:adesivo). Foi realizada a confecção de painéis com diferentes proporções, sendo 5 tratamentos de porcentagens: 0%, 1%, 3%, 5% e 10% de casca de ovo (em peso seco do painel)

O adesivo empregado foi o Redemite (5kg), é uma resina sintética, líquida aquosa, de cor branca leitosa, à base de formol e ureia. De acordo com o fabricante possui indicação para colagem de madeiras em geral.

O material foi disposto em uma encoladeira (Figura 5A), e o adesivo aplicado por meio de uma pistola pneumática acoplada em seu interior. As partículas foram giradas no tambor até a homogeneização. Após, foram dispostas em uma caixa formadora de madeira (Figura 5B), as cascas de ovo foram adicionadas manualmente sobre as partículas, homogeneizadas e pré-prensadas, formando assim um colchão.



Figura 5 – A: Encoladeira; B: Caixa formadora de madeira.
Fonte: o autor.

Os Colchões formados foram dispostos em uma prensa hidráulica com aquecimento (SL 2 - Solab) (Figura 6A) e prensados a uma temperatura de 140°C e uma pressão de 50 toneladas durante seis minutos, formando painéis aglomerados de média densidade com cerca de 10 mm de espessura (Figura 6B). Foram confeccionados três painéis para cada tratamento, totalizando 15 unidades.

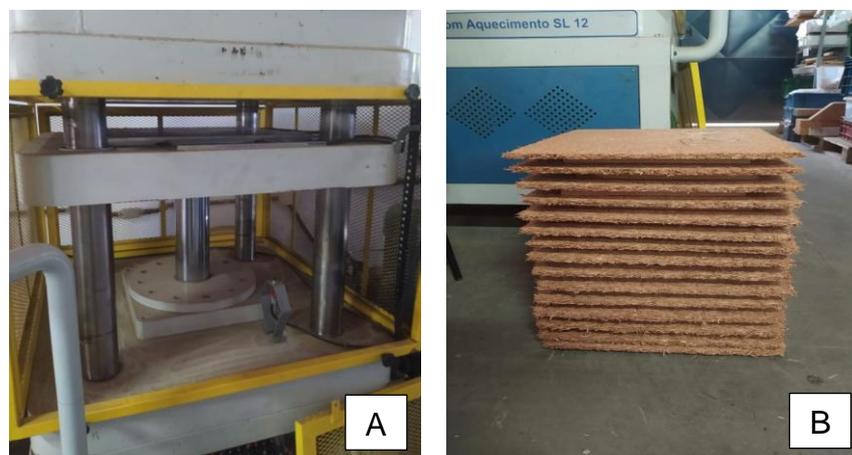


Figura 6 – A: Prensa hidráulica; B: Painéis aglomerados.
Fonte: o autor.

4.3 Ensaio físicos

Para as realizações dos ensaios de cada painel foram confeccionados corpos de prova quadrulares que seguiram as normas para o tamanho, os corpos de prova obtiveram diferentes tratamentos (0%, 1%, 3%, 5% e 10%). Formando assim, as

amostras para determinação das propriedades físicas: densidade aparente, umidade, densitometria Raios-X, inchamento em espessura e absorção de água (após 2 e 24 horas de imersão), adotando-se as recomendações da NBR 14810-3 (ABNT, 2018). Os corpos de prova foram mantidos em uma sala climatizada a 23°C e 65% de umidade relativa para estabilizar as mesmas condições a todas as amostras.

4.3.1 Densidade

Para realização do ensaio foram dimensionados 10 corpos de prova de cada tratamento, totalizando 50 corpos de prova, com o auxílio de um paquímetro (Figura 7A), micrômetro (Figura 7B) e uma balança (Figura 7C).

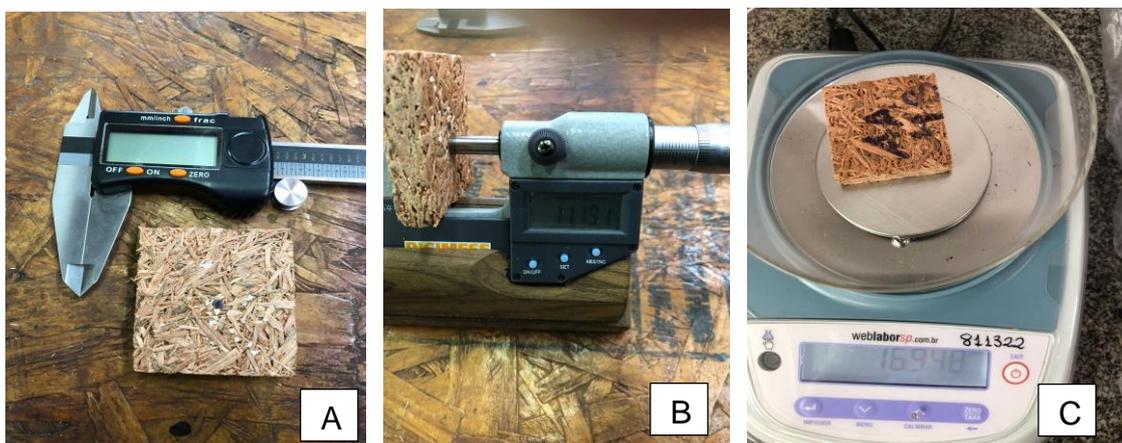


Figura 7 – A: Paquímetro; B: Medidor de espessura; C: Balança.
Fonte: o autor,

4.3.2 Umidade

Para obtenção da umidade foram utilizados 50 corpos de prova, sendo 10 de cada tratamento. Primeiramente foram determinadas as massas iniciais. Após, os corpos foram dispostos em uma estufa a $100 \pm 3^\circ\text{C}$, tendo suas massas conferidas de 6 em 6 horas alcançar a estabilidade, ou seja, com variação menor ou igual a 0,5% da medição anterior.

A obtenção da umidade se deu através da seguinte equação 1:

$$U = \left(\frac{Pu - P0}{P0} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

Sendo:

U: Teor de umidade da madeira, em porcentagem;

Pu: Peso da madeira úmida;

P0: Peso da madeira completamente seca (0% de umidade).

4.3.3 Inchamento em Espessura e Absorção de Água

Para obtenção dos dados iniciais foram utilizados 50 corpos de prova sendo 10 unidades para cada tratamento. Primeiramente foram determinadas as massas iniciais (0hora), e dimensionadas todas as medidas e massas das amostras.

Então, os corpos de prova foram identificados e totalmente submersos em uma cuba de vidro (Figura 8A), sendo mantidos por 2 horas em imersão total. Após 2 horas as amostras foram removidas, retirou-se o excesso de água com papel toalha (Figura 8B) e em seguida foram feitas novamente as medições de dimensão e massa.

Em seguida, os corpos de prova foram imersos novamente em água na cuba de vidro e mantidos por mais 22 horas, totalizando 24 horas. Então, após retirado o excesso de água, as medições de espessura, comprimento, altura e massa foram novamente realizadas.

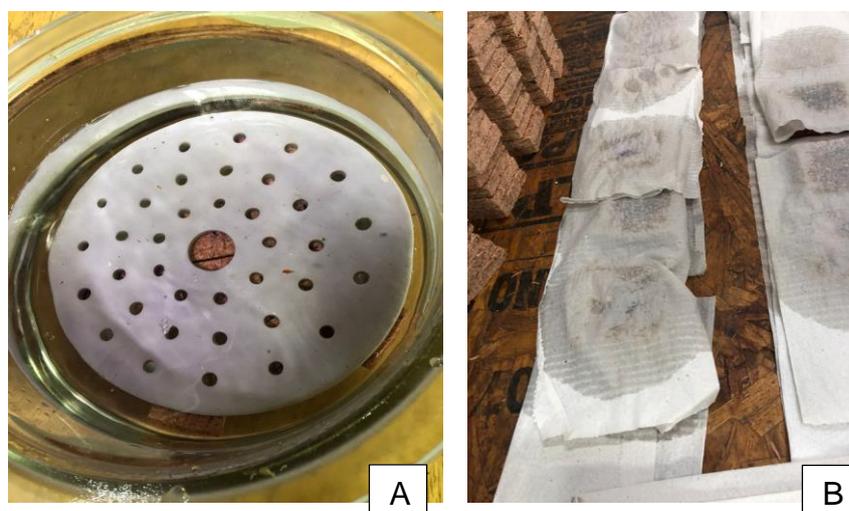


Figura 8 – A: Corpos de prova submersos na cuba de vidro; B: Excesso de água dos corpos de prova sendo removido com papel toalha.

Fonte: o autor.

Para o cálculo de Inchamento em espessura foi utilizada a equação 2:

$$IE = \frac{E^1 - E^0}{E^0} \cdot 100 \quad (2)$$

Sendo:

IE: É o inchamento em espessura do corpo de prova, em porcentagem;

E¹: É a espessura do corpo de prova após o período de imersão considerado, em milímetros;

E⁰: É a espessura do corpo de prova antes da imersão, em milímetros.

Para o cálculo de absorção de água foi utilizada a equação 3.

$$AA = \frac{M^1 - M^0}{M^0} \cdot 100 \quad (3)$$

Sendo:

AA: É a massa de água, em porcentagem;

M¹: É a massa do corpo de prova após imersão, em gramas;

M⁰: É a massa do corpo de prova antes da imersão, em gramas.

4.3.4 Perfil densitométrico

O espectro densitométrico com o perfil de densidade foi obtido no equipamento Grecom modelo DAX 6000. Os ensaios foram realizados no laboratório de Painéis da UFES. Primeiramente, 50 CP foram preparados nas dimensões de 50 x 50 mm. Em que foram dispostos no interior do equipamento, em suporte metálico, seguindo a sua calibração, realizando a varredura contínua ao longo de toda a espessura da amostra por um feixe de raios X.

4.4 Tratamentos e análise estatística dos dados

As análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SISVAR v 5.8. O estudo foi desenvolvido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC), com nível de significância de 5%. Sendo cinco tratamentos com porcentagens distintas de casca de ovo, com dez corpos de prova para cada ensaio.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados obtidos ao longo do trabalho, referentes a caracterização dos painéis de partículas produzidos com porcentagens diferentes de casca de ovo, que são os tratamentos 1 (0%), tratamento 2 (1%), tratamento 3 (3%), tratamento 4 (5%) e tratamento 5 (10%) foram analisados através da ANOVA e as discussões propostas foram realizadas através da norma NBR. Os valores obtidos para as propriedades dos painéis foram comparados com os requisitos estabelecidos pelas normas da NBR 14810:2 (2018), sendo que os procedimentos de ensaio foram baseados nesta norma.

Segundo a ANOVA, para o teste T foi observado que houve diferença significativa em relação as variáveis analisadas. Para absorção de água 2 (AA2) e 24h (AA24), com ($P = 0,0011$ e $P = 0,0007$) respectivamente e para inchamento em espessura 2 (IA2) e 24h (IE24) com ($P = 0.0101$ e $P = 0.0000$) respectivamente. Foi possível observar que os valores são menores que o P valor ($P = 0,05$), logo é possível afirmar que os tratamentos se diferem entre si pela análise de variância a 5% de probabilidade.

5.1 Ensaio de determinação da densidade

Na Tabela 1 estão contidos os valores de densidade obtidos. Nota-se que a densidade dos painéis com a adição de casca de ovo (T2, T3, T4 e T5) são superiores ao painel confeccionado apenas com madeira (T1), porém, o crescimento da densidade não é proporcional a quantidade de casca de ovo acrescida no painel. A densidade do painel com maior porcentagem de casca de ovo (T5) foi próxima a densidade dos painéis com menores porcentagens (T2 e T3), demonstrando um aumento na densidade diretamente proporcional a quantidade de casca de ovo até o Tratamento 4 (TRAT 4), com 5% de casca de ovo.

A densidade observada em todos os tratamentos 1 (0%), 2 (1%) e 5 (10%) diferiram do que estabelece a norma NBR 14810-2 (2013), pois o valor estabelecido é acima de 800 kg/m^3 . Os painéis dos tratamentos 3 (3%) e 4 (5%) se comportaram de acordo com a norma NBR, possuindo valor superior a 800 kg/m^3 , observando-se uma pequena variação entre os mesmos.

Tabela 1 - Resultados obtidos por meio do ensaio de densidade aparente

Tratamento	Volume médio (m³)	Massa média OH (kg)	Densidade média (kg/m³)
1 (0%)	2,74777E-05	0,0210823	767,25
2 (1%)	2,93925E-05	0,0226286	769,88
3 (3%)	2,7304E-05	0,0221237	810,27
4 (5%)	2,64173E-05	0,0216151	818,22
5 (10%)	2,69006E-05	0,0212322	789,28

5.2 Ensaio de teor de Umidade

Para o ensaio de teor de umidade observado na Tabela 2, foi obtido um resultado médio de 10,96 % entre os cinco tratamentos, com diferença significativa em relação a NBR 14810-2 (2018). Para este ensaio a NBR recomenda o teor de umidade com mínimo de 5% e máximo de 13%, para espessura entre 10 a 13 mm. O tratamento cinco (TRAT 5) que possui 10% de casca de ovo foi o que possuiu menor valor em relação a umidade de acordo com os valores propostos pela NBR e o tratamento 2 (TRAT 2) com o 1% de casca de ovo obteve a maior porcentagem para umidade 14,48%, valor acima do recomendado pela NBR 14810-2 (2018).

Assim, o corpo de prova com maior quantidade de casca de ovo possui menor umidade, como os corpos de prova foram dimensionados com as proporções de madeira, cola e casca de ovo respeitando as proporções, ao corroborar os resultados com os estudos de Tullett (1990), Decuypere et al. (2001), em que afirmam que a água atravessa os poros da casca movendo-se sempre do ponto mais úmido, que normalmente é o interior do ovo, para o ponto mais seco, o ambiente. Analisando o comportamento dos corpos de prova, o ocorrido foi semelhante ao que foi observado com a inclusão da casca de ovo.

Tabela 2 - Resultados encontrados para o teor de umidade

Tratamento	Média Úmida (g)	Média Seca (g)	Umidade média (%)
1 (0%)	20,83	18,80	10,79
2 (1%)	22,86	19,97	14,48
3 (3%)	22,28	20,21	10,26
4 (5%)	21,23	19,29	10,08
5 (10%)	22,17	20,29	9,24

5.3 Ensaio de Inchamento em Espessura após 2h e 24h de imersão

Sobre o inchamento em espessura, analisando os resultados após 2 horas de imersão foi constatado um maior inchamento nos painéis que possuíam mais casca de ovo na sua composição (T4 e T5) em relação aos painéis que possuíam menos (T2 e T3), que por sua vez também apresentaram maior inchamento em comparação ao que não possuía resíduo hortigranjeiro (T1). Já na imersão de 24 horas, todos os painéis que possuíam casca de ovo (T2, T3, T4 e T5) apresentaram inchamento superior ao que não possuía (T1). Obtendo valores de inchamento relativamente próximos, com variações máximas em torno de 5%, como é observado na Tabela 3, a relação de interação entre o adesivo e os materiais, juntamente as suas geometrias pode ter influenciado diretamente nos resultados.

Tabela 3 - Resultado ensaio de inchamento em espessura após 2h e 24h de imersão em água

Tratamento	Média Úmida 2h (mm)	Média Seca (mm)	IE 2h (%)
1 (0%)	11,43	10,59	8,01
2 (1%)	12,40	11,28	10,55
3 (3%)	11,47	10,46	9,30
4 (5%)	11,96	10,56	13,28
5 (10%)	11,63	10,38	12,05

Tratamento	Média Úmida 24h (mm)	Média Seca (mm)	IE 24h (%)
1 (0%)	13,20	10,59	24,71
2 (1%)	15,15	11,28	33,47
3 (3%)	13,62	10,49	29,94
4 (5%)	14,29	10,56	35,43
5 (10%)	13,85	10,38	33,53

Para o resultado de inchamento em espessura após 24h de imersão em água, a NBR 14810-2 (2018) estabelece que a porcentagem máxima de 16% de aumento sobre a espessura inicial do painel. O resultado médio para o inchamento após 2h de imersão seguiu a norma NBR, os valores foram todos abaixo do índice recomendado pela a NBR. Porém, os valores para inchamento após 24h em todos os tratamentos foram superiores ao recomendado. O tratamento TRAT 1 100% madeira (0% casca de ovo), obteve valores satisfatórios em relação ao inchamento em 2 e 24 horas,

sendo, portanto, o resultado mais aceitável. Através dos resultados obtidos, é possível concluir que a adição de casca de ovo favorece a absorção de água e conseqüentemente o inchamento do painel, visto que quanto maior a quantidade de resíduo maior a absorção de água.

Percebe-se que os valores médios de inchamento em espessura após as 24 horas, estão acima do valor máximo de 12% estabelecido pela norma *European Standard EN 622* (2006). A relação entre a maior taxa de absorção de água e o inchamento em espessura, como descrito por Maloney (1993) e Moslemi (1974), foi confirmada, tendo em vista que quanto maior a absorção de água maior o inchamento em espessura.

Para a estimativa do modelo de regressão, no ensaio de inchamento em espessura em 2h (IE2) foi possível observar que os parâmetros de b_0 (0,0000) e b_1 (0,0096) foram menores que 0,05 sendo parâmetros significativos com a qualidade do ajuste (R^2) de 48,66%. Dessa forma, a equação mais adequada para IE2 é a linear, observado na Figura 9A.

Para o ensaio de inchamento em espessura de 24h (IE24) o modelo que melhor se ajusta é o modelo quadrático observado na Figura 9b. Pois, foi observado que os valores dos parâmetros b_0 (0,0000) b_1 (0,0008) e b_2 (0,0081) foram significativos e menores que o P valor (0,05) e a qualidade do ajuste de 56,71%.

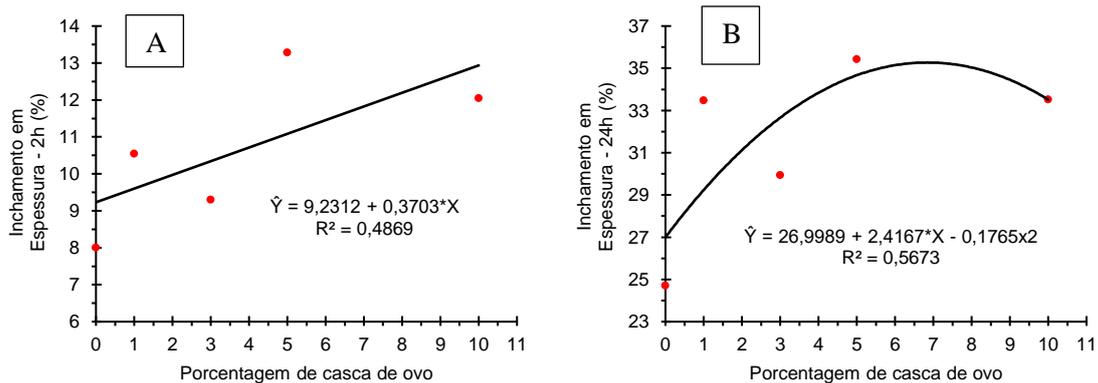


Figura 9 - Inchamento em Espessura após (2h (A) e 24h (B)) nas diferentes proporções de casca de ovo

5.4 Ensaio de Absorção de Água após 2h e 24h de imersão

Os resultados apresentados na tabela 4 indicam que após a imersão em água por 2 horas foi identificado um aumento gradativo de absorção de água à medida que a porcentagem de casca de ovo aumenta. Os painéis T4 e T5, que possuíam maior concentração, absorveram mais água que os painéis com menor concentração. Após 24 horas foi constatado um resultado semelhante a imersão de 2 horas, o painel que possuía menos casca de ovo (T1) absorveu menos água que os demais que possuíam (T2, T3, T4 e T5), mostrando que a casca de ovo interfere diretamente na absorção de água, sendo maior a medida que se acresce o resíduo tanto no período de 2 horas quanto no de 24 horas.

Para o ensaio de absorção de água em 2h, os tratamentos 1, 2 e 3 apresentaram valores próximos a 12%, enquanto que para os tratamentos 4 e 5 os valores foram próximos a 20%. Para este ensaio, a NBR 14810-2 (2018) não apresenta valores de referência. Sendo assim, o valor máximo encontrado para a absorção de água em 2h deu-se no tratamento 5, com 10% de casca de ovo, comportamento semelhante ao obtido no ensaio de Inchamento em espessura. Já, para a absorção em 24h o valor máximo foi observado no tratamento 4.

Tabela 4 - Resultados de absorção de água após 2h e 24h de imersão em água

Tratamento	Média 2h (mm)	Média Seca (mm)	AA 2h (%)
1 (0%)	26,3867	21,0823	12,75
2 (1%)	25,5483	22,6286	12,97
3 (3%)	24,9435	22,1237	12,85
4 (5%)	26,1928	21,6151	21,80
5 (10%)	24,9126	21,2322	20,06
Tratamento	Média 24h (mm)	Média Seca (mm)	AA 24h (%)
1 (0%)	30,35	21,08	46,34
2 (1%)	35,29	22,63	56,13
3 (3%)	33,35	22,12	50,86
4 (5%)	35,07	21,62	62,63
5 (10%)	33,48	21,23	59,20

Os painéis de madeira de eucalipto apresentaram médias estatisticamente superiores aos painéis produzidos com madeira de pinus, observados na pesquisa

realizada por L. P. Torquato et al., (2009), tanto para 2 quanto para 24 horas de imersão

Para a estimativa do modelo de regressão, no ensaio de absorção de água 2h (AA2) foi possível observar que os parâmetros de b_0 (0,0000) e b_1 (0,0006) foram menores que 0,05 sendo parâmetros significativos com a qualidade do ajuste (R^2) de 61,46%. Dessa forma, a equação mais adequada para AA2 é a equação linear, observado na Figura 10A.

Para o ensaio de absorção de água 24h (AA24) foi possível observar que os parâmetros b_0 (0,0000), b_1 (0,0075) foram significativos, pois foram menores que o p valor ($P = 0,05$). O R^2 foi de 60,99% dessa forma, é possível dizer que a equação mais adequada é a quadrática observada na Figura 10B.

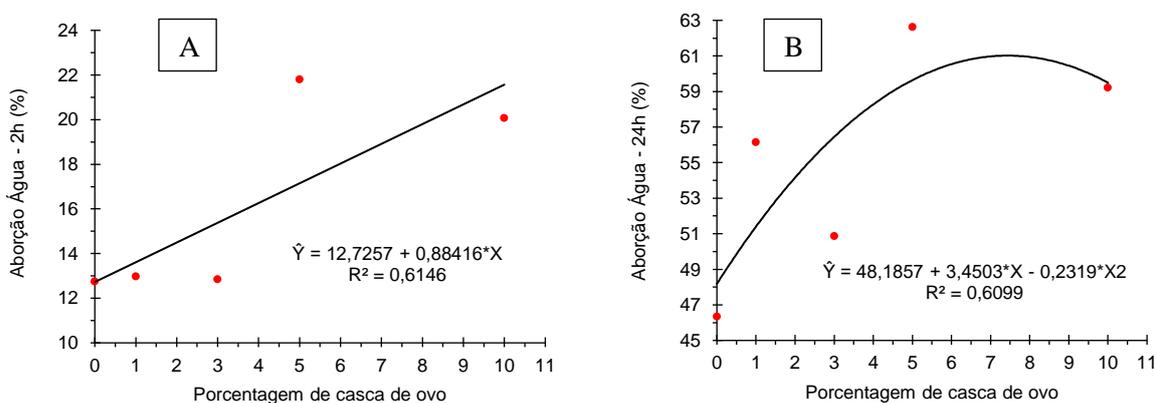


Figura 10 – Absorção de Água x Tratamento ((A) 2h e (B) 24h)

A análise estatística dos dados utilizados para o ensaio de absorção de água foi possível perceber que para Tratamento 5 (10%), os dados ficaram mais dispersos em relação a 2 e 24 horas de imersão como é observado na Tabela 5.

Tabela 5 - Desvio Padrão dos dados de Absorção de água após 2h e 24h de imersão.

Tratamento	AA 2h (%)	AA 24h (%)
T1: 0%	4,54	6,98
T2: 1%	3,13	5,74
T3: 3%	4,02	3,34
T4: 5%	8,54	5,97
T5: 10%	7,84	15,35

5.5 Perfil densitométrico

Na análise do gráfico de densitometria por Raio X presente na Figura 11, pode-se observar que o Tratamento 1, que não possuía casca de ovo em sua composição, representado pela cor azul, foi o que apresentou menor densidade pela espessura, tendo seu valor praticamente constante ao longo da análise.

Os demais tratamentos (T2, T3, T4 e T5) apresentaram maiores densidade pela espessura diretamente relacionados a porcentagem de casca de ovo presente em sua composição, ou seja, quanto maior a porcentagem de casca de ovo, maior a densidade do painel, todavia, quanto menor a porcentagem, menor o valor da densidade. Fato também observado pela variação ao longo da espessura, em função da adição da casca de ovo. Isso também pode estar associado a dificuldade de homogeneização das cascas nas partículas já encoladas, a qual foi realizada manualmente.

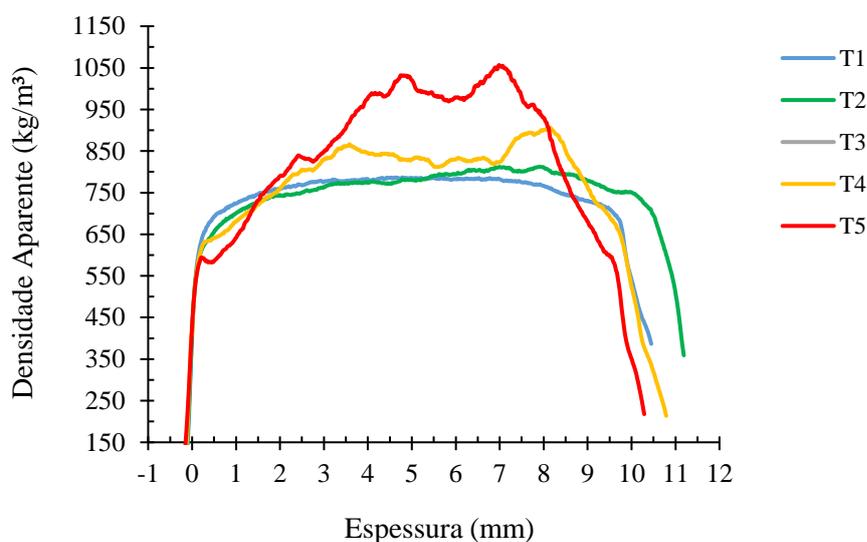


Figura 11 – Representação média dos perfis de densidade nos tratamentos estudados, com base na adição de casca de ovo às partículas de pinus. T1: 0 partes de casca de ovo (controle); T2: 1 parte de cascas de ovo; T3: 3 partes de casca de ovo; T4: 5 partes de casca de ovo; T5: 10 partes de casca de ovo.

6 CONCLUSÃO

A quantidade de resíduo casca de ovo adicionada ao painel aglomerado de média densidade de Eucalipto com concentração de até 10% não interfere na umidade do painel. Foi notado que a quantidade de resíduo hortigranjeiro também influencia diretamente na densidade do painel, quando maior for a concentração de casca de ovo maior a densidade aparente.

Sobre o inchamento em espessura, após 2 horas de imersão há inchamento médio de 12.5% nos painéis que possuem maior concentração de casca de ovo na sua composição, 5% e 10%. Nos que possuem concentração de 1% e 3% o inchamento é em torno de 9,8%. Já na imersão de 24 horas, todos os painéis que possuem casca de ovo até 10% de concentração apresentam inchamento em espessura superior ao painel sem o acréscimo do resíduo, a adição de casca aos painéis, influenciou no aumento da absorção de água.

O material apresentou viabilidade comercial, o custo do produto foi alto, porém, pode ser viabilizado com produção em larga escala. O uso não é indicado para ambiente úmidos por conta da sua alta taxa de inchamento em espessura e absorção de água, porém, apresentou baixa umidade nos painéis com maior porcentagem de casca de ovo e maior densidade, sendo interessante a continuidade dos estudos sobre o produto.

Não foram encontrados outros trabalhos que fizessem a utilização de resíduo casca de ovo juntamente com madeira, aglomerados em um painel. Para estudos posteriores é importante a continuidade da avaliação do material, com a obtenção de resultados relativos a organismos xilófagos, ensaios destrutivos e não destrutivos além de ensaios mecânicos para obtenção de maiores informações sobre as propriedades do material e possíveis indicações de uso.

REFERÊNCIAS

- ALVES, R.M.A. **Políticas de planejamento e de ordenamento do território no estado português**. Fundação Calouste Gulbenkian, Lisboa, 642p. 2007.
- ANDRADE, E. N. DE; VECCHI, O. **Os Eucaliptos: Sua Cultura e Exploração**. São Paulo: Typhographia Brazil de Rothschild & Comp, 228p., 1918.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 10.004**: Resíduos sólidos: classificação. Rio de Janeiro, 2004.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **NBR 14810-1**: painéis de partículas de média densidade: parte 1: Terminologia. Rio de Janeiro, 2018.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 14810-2**: Painéis de partículas de média densidade. Parte: 2 Requisitos de métodos de ensaio, Rio de Janeiro, 2018.
- BOOTH, T.H. Eucalypts and their potential for invasiveness particularly in frost-prone regions. **International Journal of Forestry Research**,. v. 2012.
- BORTOLETTO, J. G. Estudo de algumas propriedades físicas e mecânicas da madeira de *Pinus merkusii*. **Scientia Forestalis**; v. 36, n. 79, p. 237-243, 2008.
- CARASCHI, J. C.; LEÃO, A. L.; CHAMMA, P. V. C. Avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura. **Polímeros: Ciência e Tecnologia**, v. 19, p. 47-53, 2009.
- CHAMMA, P. V. **Produção de Painéis a partir de resíduos sólidos para uso como elemento arquitetônico**. 2004, 150 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrônomicas da UNESP, Botucatu, SP, 2004.
- CORRÊA, T. H. A.; MANHÃES, R. S. T.; HOLANDA, J. N. F. Conversão de resíduo de casca de ovo galináceo. **In: Encontro de Engenharia, Ciência de Materiais e Inovação do Estado do Rio de Janeiro**, 1, 2015.
- DECUYPERE, E.; TONA, K.; BRUGGEMAN, V. et al. The day-old chick: A crucial hinge between breeders and broilers. **World's Poult. Sci. J.**, v.57, p.127-138, 2001
- ENGLERTH, G. H. **Framework of qualitative relationship in wood utilization**. Madison: Forest Products Laboratory, p. 16, 1996.
- EUCALIPTO. **A madeira do futuro**. Revista da Madeira, setembro, 114p. 2001.
- EUCALIPTO. **Pesquisa amplia usos**. Revista da Madeira, agosto, 138p. 2003.
- EUROPEAN COMMITTEE FOR STANDARDIZATION. **Norma EN. 1993. European Standard EN 622 – Tableros de fibras – Especificaciones**. Parte 5: Requisitos de los tableros de fibras fabricados por proceso seco (MDF). 2006.
- FAO. **Forest pest species profile**. UC. ANR. n.º 7425, 2007.
- FERNÁNDEZ, A. **Estudio de prefactibilidad para la producción y comercialización de papel a partir de eucalipto**. 2008, 105p. Tesis (Ingeniero Industrial) - Pontificia Universidad Católica del Perú. Lima, Perú, 2008.

FREIRE, M.N.; SOUSA, S.J.G.; HOLANDA, J.N.F. Using eggshell in red wall tiles. **Waste and Resource Management**, v. 161, p. 23-27, 2008.

GARBE, E. **Controles de qualidade em indústrias de compensados: processo produtivo e produto**. Micro Tese (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia de Produtos Florestais, Disciplina de Painéis) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, 2009.

GELDERMANN J.; KOLBE L.M.; KRAUSE A.; MAI C.; MILITZ H; Improved resource efficiency and cascading utilization of renewable materials. **Journal of Cleaner Production**, v. 110, p.1-8, 2016.

GLATZ, P.; MIAO, Z.; RODDA, B. Handling and treatment of poultry hatchery waste: A review. **Sustainability**, v. 3, n. 1, p. 216-237, 2011.

GONÇALVES, F. G.; PAES, J. B.; LOPEZ, Y. M.; SEGUNDINHO, P. G. de A.; OLIVEIRA, R. G. E. de; FASSARELLA, M. V.; BRITO, A. S.; CHAVES, I. L. S.; MARTINS, R. S. F. Resistance of particleboards produced with ligno-cellulosic agro-industrial wastes to fungi and termites. **International Biodeterioration & Biodegradation**, v. 157, e-105159, 2021.

GONÇALVES, S. Cidade do ES é a capital nacional de produção de ovos de galinha. **A Gazeta Agronegócio**, 2020. Disponível em: <<https://www.agazeta.com.br/es/agro/cidade-do-es-e-a-capital-nacional-de-producao-de-ovos-de-galinha-1020>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

GONÇALVES, S. D; REZENDE, L. S. H; SILVA, C. A; BERGAMASC, R. Utilização de resíduos sólidos na fabricação de chapas de partículas. **ENGEVISTA**, v. 15, n. 2, p. 148-158, 2013.

GUIMARÃES JÚNIOR, J. B. **Painéis de madeira de eucalipto: estudo de caso de espécies e procedências**. 2008, 95 f. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. 2008.

HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeiras de Pinus, Eucalipto e Acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeído**. 2000, 112 f. Dissertação (Mestrado Engenharia Florestal) - Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS, 2000.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - **IBÁ**, Relatório ano base, 2019; p. 80; Disponível em: <<https://iba.org/datafiles/publicacoes/relatorios/iba-relatorioanual2019.pdf>>. Acesso em: 18 mar. 2021.

INSTITUTO DA CONSERVAÇÃO DA NATUREZA E DAS FLORESTAS - ICNF. **6ª Revisão do inventário florestal nacional IFN6. Áreas dos usos do solo e das espécies florestais de Portugal continental**. Resultados preliminares. Lisboa, Portugal, 2013.

IWAKIRI, S.; CAPARA, A. C.; SAKS, D. C. O.; GUI SANTES, F.P.; FRANZONI, J. A. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resinas. **Scientia Forestalis**, v. 68, n. 1, p.39-43, 2005.

IWAKIRI, S.; SHIMIZU, J.; SILVA, J. C.; MENESSI, C. H. S. D.; PUEHRINGHER, A.; VENSON, I.; LARROCA, C.; Avaliação de painéis produzidos a partir de resíduos sólidos para aplicação na arquitetura; **Revista Árvore**, v. 28, p. 883, 2004.

- KLÍMEK, P.; WIMMER, R.; MEINLSCHMIDT, P.; KÚDELA, J. Utilizing Miscanthus stalks as raw material for particleboards. **Industrial Crops and Products**, v. 111, p. 270-276, 2018.
- LACA, A.; DÍAZ, M. Eggshell waste as catalyst: a review. **Chemical Engineering Journal**, v. 197, p. 351-359, 2017.
- LEITE, F. H. G. Synthesis and characterization of calcium silicate insulating material using avian eggshell wast. **Journal Ceramics International**, v. 43, p. 4674-4679, 2017.
- LIMA, C. K. P.; MORI, F. A.; MENDES, L. M.; TRUGILHO, P. F.; MORI, C. L. S. O. Colagem da madeira de clones de Eucalyptus com três adesivos comerciais. *Scientia Forestalis*, Piracicaba, v.36, n.77, p.73-77, 2008.
- LOPEZ, Y. M; PAES, J. B.; GONÇALVES, F. G.; MARTINEZ-RODRIGUES, E.; MEDEIROS NETO, P. N. Physico-mechanical properties of wood-plastic produced with forest species and thermoplastic materials. **Floresta e Ambiente**, v. 27, n. 2, e-20170736, 2020.
- MALONEY, T. M. Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing. San Francisco: Miller Freeman, 1993. 657 p.
- MANHÃES, J. P.; HOLANDA, J. N. Caracterização de Resíduos Sólidos “Pó de Rocha Granítica” Gerada na Indústria de Rochas Ornamentais. **Revista Química Nova**, v. 31, n. 6, p. 1301-1304, 2008.
- MARTINS, R. S. F.; GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C.; SEGUNDINHO, P. G. de A.; NUNES, A. M.; GRAZIELA, G. B.; CHAVES, I. L. S.; SANTIAGO, S. B. Physical properties and formaldehyde emission in particleboards of *Eucalyptus* sp. and lignocellulosic agro-industrial waste. **Scientia Forestalis**, v. 48, n. 125, e-2926, 2020.
- MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S. Revista da Madeira Wood Magazine, **Edição Especial "Painéis"**, p.12, 2003.
- MENEZES, R. R.; NEVES, G. de A.; FERREIRA, H. C. O estado da arte sobre o uso de resíduos como matérias-primas cerâmicas alternativas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 2, p. 303-313, 2002.
- MOSLEMI, A. A. Particleboard. vol. 1: Materials. London: Southern Illinois University Press, 1974. 244 p.
- NAGABHUSHANA, K. R.; LOKESHA, H. S.; SATYANARAYANA REDDY, S.; PRAKASH, D.; VEERABHADRASWAMY, M.; BHAGYALAKSHMI, H.; JAYARAMAIAH, J. R. Thermoluminescence properties of CaO powder obtained from chicken eggshells. **Journal Radiation Physics and Chemistry**, v. 138, p. 54-59, 2017.
- NEVES, M. A. **Alternativas para valorização da casca de ovo como complemento alimentar e em implantes ósseos**. UFSC, Florianópolis, 1998.
- OLIVEIRA, D. A.; BENELLI, P.; AMANTE, E. R. A literature review on adding value to solid residues: egg shells. **Journal of Cleaner Production**, v. 46, 42-47, 2013.

- OLIVEIRA, D. A.; BENELLI, P.; AMANTE, E. R. Valorização de resíduos sólidos: casca de ovo como matéria-prima no desenvolvimento de novos produtos. In: international workshops advances in cleaner production, 2, Anais... São Paulo, 2009.
- OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de Eucalipto para a construção civil**. 1997, p. 429. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica, Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 1997.
- PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of technology**. 4th ed. New York: McGraw Hill; p. 705, 1980.
- PAROLIN, P.; WORBES, M. Wood density of trees in black water floodplains of Rio Jaú National Park, Amazonia, Brazil. **Revista Acta Amazonica**, v. 30, n. 3, p. 441-448, 2000.
- PEDRESCHI, R. **Aproveitamento do bagaço de cana da indústria sucroalcooleira na produção de painéis aglomerados**. 49 f, 2009. Tese (Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG, 2009.
- PIZZI, A. Urea-formaldehyde adhesives. In: PIZZI, A.; MITTAL, K. L. **Handbook of adhesive technology**. 2. ed. New York: Marcel Dekker, p. 628-646. 2003.
- PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; REIS, A. A.; TRUGILHO, P. F.; GODINHO, T. P. Potencial siderúrgico e energético do carvão vegetal de clones de *Eucalyptus* spp. aos 42 meses de idade. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 33, n. 74, p. 137-149, 2013.
- RADICH, M. C. **Introdução e Expansão do eucalipto em Portugal. In Pinhais e Eucaliptais. A floresta Cultivada**. Coleção árvores e florestas de Portugal. Fundação LusoAmericana para o Desenvolvimento, Lisboa, p.151-166, 2007.
- REPOLA, J. Models for vertical wood density of Scots pine, Norway spruce and birch stems, and their application to determine average wood density. **Silva Fennica**, v. 40, n. 4, p. 673-685, 2006.
- ROCHA, M. P. Técnicas de serrarias. In: OLIVEIRA, J. T. S.; FIEDLER, N. C.; NOGUEIRA, M. Tecnologias aplicadas ao setor madeireiro. Jerônimo Monteiro: Editora Suprema, p. 209-270. 2007.
- SARTORI, D. L. **Painel portante estrutural com chapa de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina de mamona para centro de manejo bovino**. 2012, 131 f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) - Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, SP, 2012.
- SERVIÇO FLORESTAL BRASILEIRO - SFB. Florestas do Brasil em resumo – 2018: dados de 2005-2018. Brasília: Ministério do Meio ambiente. 2018.
- SHIMOYAMA, V. R. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira em *Eucalyptus* sp.** 1990, 93 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, SP, 1990.
- SHIROSAKI, K. R.; ALMEIDA, H. T.; PANZERA, H. T.; CHRISTOFORO, L. A.; LAHR, R. A. F. Caracterização de painéis de partículas de média densidade feitos

com resina poliuretana monocomponente à base de mamona, **Ambiente Construído**, v. 19, p. 37-43, 2019.

SILVA, A.P.S.; FERREIRA, B.S.; FAVARIM, H.R.; SILVA, M.F.F.; SILVA, J.V.F., AZAMBUJA, M.A.; CAMPOS, C.I. Physical properties of medium density fiberboard produced with the addition of ZnO nanoparticles. **BioResources**. v. 14, p. 1618-1625, 2019. DOI: 10.15376/biores.14.1.1618-1625.

SILVA, L. C. L. **Influência das nanopartículas de óxido de zinco na transferência de calor e nas propriedades físico-mecânicas dos painéis MDP**. 2017, 60 f. Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação - Curso de Engenharia Industrial Madeireira, Universidade Estadual Paulista, Itapeva, 2017.

TORO, P., QUIJADA, R., YAZDANI-PEDRAM, M., ARIAS, J. L. Eggshell, a new bio-filler for polypropylene composites. **Materials Letter**, v. 61, n. 22, p. 4347-4350, 2007.

TORQUATO, L.P.; IWAKIRI, S.; BONDUELLE, G. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; MATOS, J. L. M. Avaliação das propriedades físicas e mecânicas de painéis de fibras de média densidade (MDF) produzidos pelas indústrias brasileiras. **Floresta**, v. 40, n. 2, p. 275-280, 2010.

TULLETT, S.G. Science and the art of incubation. *Poult. Sci.*, v.69, p.1-15, 1990.

VIEIRA, L. A. F.; PINHO, M. D.; PINHEIRO, I. P.; DA SILVA, S. N. Obtenção de óxido de cálcio a partir da casca de ovo de galinha. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 3, n. 8, p. 1159-1166, 2017a.

VIEIRA, L. A. F.; PINHO, M. D.; SILVA, S N.; PINHEIRO, I. P. Obtaining calcium oxide from chicken egg shell. **The Journal of Engineering and Exact Science**, v. 3, 2017b.

VILAR, W. D. **Química e tecnologia de poliuretanos**. 3. ed. Rio de Janeiro: Vilar Consultoria, 2004.

VITAL, B. R. Planejamento e operações de serrarias. Viçosa, MG: Editora UFV, 211 p. 2008.

WEI, Z.; XU, C.; LI, B. Application of waste eggshell as low-cost solid catalyst for biodiesel production. **Bioresource Technology**, v. 100, n. 11, p. 2883- 2885, 2008.

WORTER, D., Transformaciones de la Tierra. Coleccion Agenda del Centenario, Universidade de Panamá, 2001.

WREGE, S. M.; BARBOSA, R. L.; AUER, G. C.; SANTOS, F. A. Influência das mudanças climáticas nas zonas de ocorrência do percevejo bronzeado do eucalipto. **In: BETTIOL, W.; HAMADA, E.; ANGELOTTI, F.; AUAD, A. M.; GHINI, R. (Eds.). Aquecimento global e problemas fitossanitários**. Brasília, DF: Embrapa, Cap. 18, p. 440-452, 2017.