UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
FACULDADE DE ZOOTECNIA E ENGENHARIA DE ALIMENTOS

DIOGO DE LUCCA SARTORI

**Painel modular de chapas de partículas de bagaço de cana para
fechamento lateral de instalação para bovinos**

Pirassununga

2015

DIOGO DE LUCCA SARTORI

**Painel modular de chapas de partículas de bagaço de cana para
fechamento lateral de instalação para bovinos**

Versão corrigida

Tese apresentada à Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da Universidade de São Paulo, como parte dos requisitos para a obtenção do título de Doutor em Ciências do programa de pós-graduação em Zootecnia.

Área de Concentração: Qualidade e Produtividade Animal.

Orientador: Prof. Dr. Juliano Fiorelli

Pirassununga

2015

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação

Serviço de Biblioteca e Informação da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos da
Universidade de São Paulo

S251p Sartori, Diogo de Lucca
Painel modular de chapas de partículas de bagaço de
cana para fechamento lateral de instalação para bovinos
/ Diogo de Lucca Sartori. -- Pirassununga, 2015.
185 f.
Tese (Doutorado) -- Faculdade de Zootecnia e
Engenharia de Alimentos - Universidade de São Paulo.
Departamento de Engenharia de Biossistemas.
Área de Concentração: Qualidade e Produtividade
Animal.
Orientador: Prof. Dr. Juliano Fiorelli.

1. Instalações rurais 2. Curral 3. Material de
construção não convencional 4. Temperatura corporal
5. Reatividade. I. Título.

Dedico este trabalho a meu pai, Alfredo, e a minha mãe, Heben, os quais que com poucas palavras, mas muitos exemplos, puderam passar os maiores ensinamentos de minha vida.

AGRADECIMENTOS

Ao Prof. Dr. Juliano Fiorelli pela orientação e disposição, desde minha época de graduação, em colaborar com meu crescimento acadêmico.

Ao Prof. Dr. Holmer Savastano Junior pela orientação no início de meu Doutorado, assim como as colaborações durante o desenvolvimento do trabalho.

A Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP) pelo financiamento do desenvolvimento do trabalho, cedido ao Projeto de Pesquisa de Processo 2013/19895-8.

A Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo financiamento no início do desenvolvimento do trabalho.

A Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP) pela oportunidade oferecida para a realização do Doutorado.

Ao Laboratório Hall Tecnológico da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP) por fornecer as condições para a realização do ensaio de impacto de corpo mole.

Ao Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira (LaMEM) da Escola de Engenharia de São Carlos (EESC/USP) por abrir suas portas e fornecer condições para a realização da caracterização da madeira.

Laboratório de Anatomia e Identificação de Madeiras do Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP) pela disponibilidade da realização do ensaio de densitometria de raios X.

Ao Laboratório de Construções e Ambiência (Constrambi) da Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos (FZEA/USP), local onde todo o trabalho foi desenvolvido, por abrir suas portas por esse longo período e por fornecer as condições para a realização de todo o trabalho.

Ao Prof. Dr. Ugo Leandro Belini, pela colaboração no início do desenvolvimento do projeto, com sua experiência e conhecimento na área de pesquisa a qual o trabalho se desenvolveu.

Ao Prof. Dr. André Luis Christoforo, por participar e colaborar em etapas do trabalho, desprendendo seu tempo e conhecimento para o desenvolvimento do mesmo.

A todos os colegas do Constrambi que de certa forma sempre participaram com o desenvolvimento do trabalho, não apenas quanto a parte técnica, mas também quanto a parte humana com a convivência e trocas de experiências.

Aos amigos Julio, Erika, Nubia, Julian, Matheus e Cesar Rocha que participaram e colaboram mais diretamente com o desenvolvimento do trabalho, mas também principalmente por toda a convivência, amizade e trocas de experiências, que com certeza foram de extrema importância para a superar obstáculos e concluir este longo trabalho.

Aos técnicos do Constrambi, Mariana, Diego e Zaqueu que sempre estiveram dispostos a ajudar e realizar atividades relacionadas ao desenvolvimento do trabalho.

A minha namorada Maria, pela compreensão e apoio por esse longo período, que ao mesmo tempo que estávamos distantes, permanecia próxima com seu amor e disposição em prontamente ajudar, principalmente nos momentos difíceis sendo essencial para a conclusão de mais esta etapa de minha vida.

RESUMO

SARTORI, D. L. **Painel modular de chapas de partículas de bagaço de cana para fechamento lateral de instalação para bovinos.** 2015. 185 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

O presente trabalho teve por objetivo avaliar o desempenho físico-mecânico e de durabilidade de chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina poliuretana à base de óleo de mamona; avaliação do comportamento mecânico de painéis modulares de chapas de partículas e madeira de reflorestamento, por meio de simulação numérica, pelo teste de impacto de corpo mole e aplicado em curral para manejo de bovinos; estudo de parâmetros de comportamento de bovinos manejados na instalação edificada com painéis modulares, por meio da mensuração da temperatura de superfície corporal e da reatividade dos animais. Foram determinadas as propriedades físico-químicas e microestruturais das partículas de bagaço de cana-de-açúcar. Para as chapas homogêneas de partículas sem e com revestimento superficial foram avaliadas as propriedades físico-mecânicas antes e após o envelhecimento natural. A avaliação do desempenho mecânico dos painéis modulares foi realizada por meio de uma simulação numérica, em laboratório pelo teste de impacto de corpo mole e, in loco, aplicado em seringa de um curral para manejo de bovinos. Os animais manejados tiveram sua temperatura de superfície corporal aferida por meio método da termografia de infravermelho e a reatividade mensurada por meio dos parâmetros de tempo de saída da seringa e do escore de comportamento na seringa. As chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar atenderam aos requisitos normativos para aplicação do material como componente estrutural. Os painéis modulares apresentaram deslocamento transversal experimental inferior aos valores aferidos pelo modelo numérico. Os animais manejados na seringa de painéis modulares e convencional, de tábuas de madeira, não apresentaram diferença nos parâmetros de reatividade, mas as temperaturas corporais superficiais média e máxima foram inferiores nos animais manejados na seringa com painéis modulares.

Palavras-chave: Instalações rurais. Curral. Material de construção não convencional. Temperatura corporal. Reatividade

ABSTRACT

SARTORI, D. L. **Modular panel of sugarcane bagasse particleboards for cattle handling facilities side enclosure.** 2015. 185 f. Tese (Doutorado) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2015.

This study aimed to evaluate the physical-mechanical performance and durability of homogeneous sugarcane bagasse particleboards and polyurethane resin based on castor oil; to evaluation of the mechanical behavior of both modular panels of particleboards and reforestation wood by numerical simulation, soft body impact test and application in cattle handling facilities; to study bovine behavior parameters managed in the facility built with modular panels, by measuring body surface temperature and the reactivity of animals. The physicochemical properties and microstructure of the particles of sugarcane bagasse were determined. For homogeneous particleboards both without and with surface coating, the physical and mechanical properties were evaluated before and after natural aging. The evaluation of the mechanical performance of modular panels was performed by means of a numerical simulation, under laboratory conditions by soft body impact test and, in situ, applied to a crowding pen of corral for cattle management. The handled animals had their body surface temperature measured by infrared thermography and their reactivity was measured by the parameters of flight time in crowding pen and behavior score in crowding pen. The homogeneous particleboards of sugarcane bagasse met the regulatory requirements for applications as a structural component. The modular panels showed lower experimental transverse displacement values when measured by the numerical model. The animals handled in the crowding pen of modular panels and conventional wooden boards showed no difference in reactivity parameters, but the average and maximum superficial body temperatures were lower in animals handled the crowding pen with modular panels.

Keywords: Cattle handling facilities. Corral. Non-conventional building material. Body temperature. Reactivity

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Instalações para manejo de bovinos. Curral convencional em “madeira de lei” (a) e em concreto pré-moldado (b).	27
Figura 2 – Esquema de um curral para manejo de bovinos com suas estruturas.	28
Figura 3 – (a) Multipicnômetro de gás hélio. (b) Detalhe do porta amostra. .	50
Figura 4 – (a) Medidor automático de umidade. (b) Amostras em estufa a 100°C.	51
Figura 5 – (a) Microscópio eletrônico de varredura. (b) Detalhe do porta amostra do microscópio.	52
Figura 6 – Agitador de peneiras. (a) Partículas retidas a cima de 2 mm. (b) Partículas com granulometria inferior a 2 mm.	53
Figura 7 – Moinho de facas para obtenção de partículas de até 8 mm de comprimento.	54
Figura 8 – (a) Homogeneização da resina com partículas de bagaço no misturador planetário. (b) Formação do colchão de partículas no molde formador. (c) Colchão de partículas na prensa termo hidráulica. (d) Chapa após processo de prensagem.	55
Figura 9 – Equipamento de classificação granulométrica.	56
Figura 10 – Serra circular esquadrejadeira.	57
Figura 11 – Esquema de obtenção dos CP na chapa (dimensões em cm).	58
Figura 12 – CP para densidade aparente sendo pesado em balança analítica.	59
Figura 13 – (a) CP submersos em água. (b) CP secando antes da pesagem e determinação da espessura.	60
Figura 14 – (a) CP para inchamento em espessura e absorção de água revestidos. (b) CP revestidos e sem revestimento.	61
Figura 15 – Máquina universal de ensaios EMIC.	63
Figura 16 – (a) CP posicionado nos apoios para a realização do ensaio. (b) CP rompido após ensaio.	64
Figura 17 – (a) CP para Superfície e Topo. (b) CP com parafusos fixados. (c) Ensaio para Superfície. (d) Ensaio para Topo.	65

Figura 18 – (a) Máquina universal de ensaio AMSLER. (b) Acessório com a semiesfera para a penetração no CP.....	66
Figura 19 – Realização da penetração da semiesfera no CP durante ensaio.	66
Figura 20 – Aplicação do revestimento superficial de verniz marítimo.....	67
Figura 21 – (a) Amostras não revestidas e revestidas superficialmente. (b) Amostras expostas na bancada de envelhecimento natural.	68
Figura 22 – (a) Espectrofotômetro para análise colorimétrica. (b) Realização da leitura em CP com revestimento.....	69
Figura 23 – Posição das chapas homogêneas de partículas selecionadas para as análises de durabilidade após aplicação.	70
Figura 24 – Tipos dos painéis modulares e suas dimensões em metros. (a) Painel de Fechamento. (b) Painel Estrutural.....	71
Figura 25 – (a) Montagem da estrutura em madeira do painel modular. (b) Fixação das chapas de partículas na estrutura.	72
Figura 26 – Painel modular de Fechamento (PF).....	73
Figura 27 – Painel modular Estrutural (PE).....	73
Figura 28 – (a) CP da madeira utilizados no ensaio. (b) CP posicionado sobre os apoios com a aplicação do carregamento.	74
Figura 29 – (a) Painel modular posicionado e fixado ao pórtico. (b) Saco de couro utilizado como corpo mole, com seu centro de massa posicionado alinhado ao do painel modular.....	75
Figura 30 – (a) Painel modular com dispositivo para o registro dos deslocamentos transversais. (b) Dispositivo para registro do deslocamento no momento do impacto.	76
Figura 31 – Esquema de aplicação dos impactos do corpo mole no painel modular fixado ao pórtico, com dimensões em metros.....	77
Figura 32 – Tipos de painéis analisados. (a) PF e (b) PE.....	78
Figura 33 – Modelamento do ensaio.	79
Figura 34 – Curral para manejo de bovinos da USP-Pirassununga.	80
Figura 35 – Seringa do curral de manejo para bovinos sem a instalação dos painéis modulares.	80
Figura 36 – Ilustração da seringa com os painéis modulares instalados.	81

Figura 37 – (a) Alinhamento dos PE. (b) Fixação na parte inferior dos PE no piso da instalação com uso da cantoneira de aço.	82
Figura 38 – (a) Fixação dos PE por meio de parafusos na viga. (b) Vista aérea da viga fixada nos PE.....	82
Figura 39 – (a) PF sendo posicionados e apoiados a parede lateral da seringa. (b) Fixação dos PF com parafusos.	83
Figura 40 – Vista posterior da instalação dos PF e detalhe para o fechamento das frestas existentes na instalação original.....	83
Figura 41 – Seringa com painéis modulares. (a) Vista frontal e (b) vista superior.....	84
Figura 42 – (a) Novilhas e (b) garrotes sendo manejados.....	85
Figura 43 – (a) PE com dispositivos de aferição de deslocamentos transversais. (b) Folha de papel milimetrado fixada para registro dos deslocamentos transversais.....	85
Figura 44 – Vacas da raça Nelore utilizadas no experimento.	87
Figura 45 – (a) Manejo dos bovinos na seringa com painéis modulares. (b) Manejo na seringa convencional.	88
Figura 46 – Avaliação de escore de comportamento de bovinos lotados na seringa.	89
Figura 47 – Mensuração do tempo de saída.	90
Figura 48 – Termovisor de infravermelho utilizado no experimento.....	90
Figura 49 – Captura de imagens com o termosensor.	91
Figura 50 – (a) Termograma com seleção de área em elipse para geração do histograma de calor. (b) Imagem digital do animal equivalente ao termograma.	92
Figura 51 – Histograma de calor gerado pelo <i>software</i> <i>testo IRSOft 3.4</i>	92
Figura 52 – Gráfico de aproveitamento das partículas de bagaço de cana. ..	98
Figura 53 – Representação esquemática do caule de cana-de-açúcar e suas estruturas.	102
Figura 54 – (a) Caule de cana-de-açúcar em corte transversal. (b) Secção transversal de caule de monocotiledônea demonstrando organização das estruturas	102

Figura 55 – Corte transversal de feixe vascular de partícula de bagaço de cana em aumentos de 250X (a) e 500X (b).....	103
Figura 56 – Feixe de fibras de partícula de bagaço de cana em posição longitudinal em aumentos de 500X (a) e detalhe das pontoações dos traqueídes em aumento de 2000X (b).....	104
Figura 57 – (a) Feixe de fibra pertencente a epiderme (tecido de revestimento) apresentando cera e corpos silicosos em aumento de 150X. (b) Detalhe na camada de cera de revestimento e na presença dos corpos silicosos em aumento de 1000X.	104
Figura 58 – Feixe de células de parênquima da partícula de bagaço de cana em posição longitudinal em aumentos de 80X (a) e 500X (b).	105
Figura 59 – CP de chapas de 800 kg/m ³ (a) e 1000 kg/m ³ (b).....	108
Figura 60 – Valores médios de inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA) para amostras revestidas e sem revestimento.	111
Figura 61 – Valores médios de inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA) em função do revestimento.....	111
Figura 62 – Valores médios de inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA) em função das horas.	112
Figura 63 – Perfis de densidade resultantes de alterações na etapa de prensagem. (A) aquecimento ou pressão desigual nas superfícies da chapa; (B) baixas pressões durante prensagem e/ou baixa umidade do colchão de partículas; (C) baixa velocidade de prensagem; (D) alta velocidade de prensagem.....	115
Figura 64 – Perfil de densidade médio correspondente as amostras de 1 a 5.	115
Figura 65 – Perfil de densidade médio correspondente as amostras de 6 a 10.	116
Figura 66 – Amostras ao primeiro dia de envelhecimento natural, revestidas (a) e sem revestimento (b) e após 6 meses de envelhecimento natural (c e d).	118
Figura 67 – Parâmetros colorimétricos das amostras sem revestimento, antes e após o teste de envelhecimento natural, e de suas faces.	120

Figura 68 – Parâmetros colorimétricos das amostras revestidas, antes e após o teste de envelhecimento natural, e de suas faces.....	122
Figura 69 – Amostras sem revestimento, antes (a) e após (c) o envelhecimento, e revestidas antes (b) e após (d) o envelhecimento.	123
Figura 70 – Faces exposta (a) e não exposta (b) das amostras revestidas, e exposta (c) e não exposta (d) das amostras não revestidas, submetidas ao teste de envelhecimento natural.....	124
Figura 71 – Propriedades mecânicas MOR e MOE das chapas, revestidas e sem revestimento para as duas posições, após aplicação na seringa.....	128
Figura 72 – Chapas homogêneas de partículas aplicadas na parede lateral da seringa (a). Painéis modulares com as chapas após o término do período de aplicação (b).	129
Figura 73 – Detalhe do aspecto visual das chapas aglomeradas de partículas, após o período de aplicação, para as posicionadas a baixo (a) e ao meio (b).	129
Figura 74 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 150 cm.....	134
Figura 75 – Deslocamento transversal dos painéis modulares (PF e PE) para seis níveis de altura.	134
Figura 76 – Deslocamentos transversais experimentais e numérico do - PE para diferentes alturas de impacto.....	135
Figura 77 – Deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PE.	136
Figura 78 – Diagrama de dispersão de deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PE.	137
Figura 79 – Deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PF para diferentes alturas de impacto.....	137
Figura 80 – Deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PF.	138
Figura 81 – Diagrama de dispersão de deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PF.....	139
Figura 82 – Termograma do animal 2137 antes (a) e depois (b) do manejo na seringa com os painéis modulares.	146

Figura 83 – Termograma do animal 2137 antes (a) e depois (b) do manejo na seringa convencional.	146
Figura 84 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 1.	162
Figura 85 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 2.	162
Figura 86 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 3.	163
Figura 87 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 4.	163
Figura 88 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 5.	164
Figura 89 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 6.	164
Figura 90 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 7.	165
Figura 91 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 8.	165
Figura 92 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 9.	166
Figura 93 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 10.	166
Figura 94 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) no 1º dia do teste de envelhecimento natural.	167
Figura 95 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 1º mês do teste de envelhecimento natural.	167
Figura 96 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 2º mês do teste de envelhecimento natural.	168
Figura 97 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 3º mês do teste de envelhecimento natural.	168
Figura 98 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 4º mês do teste de envelhecimento natural.	169
Figura 99 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 5º mês do teste de envelhecimento natural.	169
Figura 100 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 6º mês do teste de envelhecimento natural.	170
Figura 101 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 15 cm.	171
Figura 102 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 30 cm.	171
Figura 103 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 45 cm.	172

Figura 104 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 90 cm.....	172
Figura 105 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 120 cm.....	173
Figura 106 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 150 cm.....	173
Figura 107 – Termograma para o 1º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	174
Figura 108 – Termograma para o 1º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	174
Figura 109 – Termograma para o 1º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	175
Figura 110 – Termograma para o 1º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	175
Figura 111 – Termograma para o 2º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	176
Figura 112 – Termograma para o 2º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	176
Figura 113 – Termograma para o 2º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	177
Figura 114 – Termograma para o 2º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	177
Figura 115 – Termograma para o 3º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	178
Figura 116 – Termograma para o 3º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	178
Figura 117 – Termograma para o 3º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	179
Figura 118 – Termograma para o 3º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.	179
Figura 119 – Termograma para o 1º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	180

Figura 120 – Termograma para o 1º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	180
Figura 121 – Termograma para o 1º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	181
Figura 122 – Termograma para o 1º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	181
Figura 123 – Termograma para o 2º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	182
Figura 124 – Termograma para o 2º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	182
Figura 125 – Termograma para o 2º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	183
Figura 126 – Termograma para o 2º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	183
Figura 127 – Termograma para o 3º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	184
Figura 128 – Termograma para o 3º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	184
Figura 129 – Termograma para o 3º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	185
Figura 130 – Termograma para o 3º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.	185

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Requisitos das propriedades físico-mecânicas para chapas de partículas de madeira aglomerada da norma ANSI A208.1:1999.	40
Tabela 2 – Requisitos das propriedades físico-mecânicas para chapas de partículas de madeira aglomerada da norma NBR 14810-2:2006.	40
Tabela 3 – Parâmetros de produção das chapas homogêneas de partículas.	55
Tabela 4 – Energias de impacto correspondentes à altura de abandono do corpo mole.....	77
Tabela 5 – Informações dos animais utilizados no experimento.	87
Tabela 6 – Notas e suas descrições correspondentes para escore de comportamento.	88
Tabela 7 – Valores para o rendimento do bagaço de cana-de-açúcar.....	97
Tabela 8 – Valor de densidade real do bagaço de cana-de-açúcar.	98
Tabela 9 – Valores médios de teor de umidade do bagaço de cana.	99
Tabela 10 – Porcentagem dos constituintes do bagaço de cana em sua composição química - dados experimentais e da literatura.	101
Tabela 11 – Variáveis analisadas e seus respectivos números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX) referente as propriedades físico-mecânicas de chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana.	106
Tabela 12 – Valores médios de propriedades físico-mecânicas de chapas com diferentes densidades.	107
Tabela 13 – Valores médios de propriedades físicas das chapas homogêneas de partículas.	109
Tabela 14 – Valores médios de inchamento em espessura em função do revestimento e horas.....	112
Tabela 15 – Valores médios de absorção de água em função do revestimento e horas.....	112
Tabela 16 – Valor médio, máximo e mínimo de perfil de densidade.....	114
Tabela 17 – Valores médios de arrancamento de parafuso e dureza Janka.	116

Tabela 18 – Análise estatística das propriedades mecânicas das amostras submetidas ao teste de envelhecimento natural em função do revestimento superficial.	119
Tabela 19 – Análise estatística dos parâmetros colorimétricos das amostras sem revestimento submetidas ao teste de envelhecimento natural em função do envelhecimento e da posição da face.	125
Tabela 20 – Análise estatística dos parâmetros colorimétricos das amostras revestidas submetidas ao teste de envelhecimento natural em função do envelhecimento e da posição da face.	125
Tabela 21 – Análise estatística para a propriedade mecânica MOR das chapas aplicadas na seringa em função da posição e revestimento superficial.....	130
Tabela 22 – Análise estatística para a propriedade mecânica MOE das chapas aplicadas na seringa em função da posição e revestimento superficial.....	130
Tabela 23 – Variáveis analisadas e seus respectivos números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX) para comportamento mecânico do painel modular.	131
Tabela 24 – MOE da madeira utilizada nos painéis modulares.	132
Tabela 25 – Valores para deslocamento transversal e ocorrências para o teste de impacto de corpo mole dos painéis modulares.	132
Tabela 26 – Valores médios do deslocamento transversal instantâneo máximo dos PE.	139
Tabela 27 – Variáveis analisadas e seus respectivos números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX) para os parâmetros de comportamento de bovinos.	141
Tabela 28 – Valores médios para escore de comportamento e tempo de saída para cada animal na seringa com painéis modulares e convencional.	142
Tabela 29 – Escore de comportamento e tempo de saída dos animais para a seringa com painéis modulares (PM) e convencional (CV).	142
Tabela 30 – Temperatura média da superfície corporal dos animais, antes e após o manejo em seringa com painéis modulares e convencional.	143

Tabela 31 – Temperatura máxima da superfície corporal dos animais, após a passagem em seringa com painéis modulares e convencional.....	144
Tabela 32 – Temperatura média de superfície corporal dos animais antes e após a passagem pela seringa com painéis modulares e convencional.	144
Tabela 33 – Temperatura máxima de superfície corporal dos animais após a passagem pela seringa com painéis modulares e convencional.	145

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AA	Absorção de água
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AI	Adesão interna
ANSI	Instituto Nacional Americano de Padrões
AP	Arrancamento de parafuso
AS	Arrancamento de parafuso de superfície
AT	Arrancamento de parafuso de topo
CP	Corpo de prova/Corpos de prova
DJ	Dureza Janka
DP	Densidade aparente
FE	Flexão estática
IE	Inchamento em espessura
MDF	Chapa de fibra de média densidade
MOE	Módulo elástico na flexão estática
MOR	Módulo de ruptura na flexão estática
NBR	Norma brasileira
OSB	Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas
PE	Painel modular estrutural
PF	Painel modular de fechamento
Pu-mamona	Poliuretana de mamona

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	23
2 OBJETIVOS.....	25
2.1 Objetivos gerais	25
2.2 Objetivos específicos	25
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	26
3.1 Instalação para manejo de bovinos	26
3.2 Painel modular	28
3.3 Chapas de partículas	30
3.3.1 Bagaço de cana-de-açúcar	33
3.3.2 Chapas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar	34
3.3.3 Adesivos e aditivos para produção de chapas de partículas ...	37
3.3.4 Propriedades físico-mecânicas	39
3.4 Bovinocultura de corte.....	41
3.5 Parâmetros de manejo e comportamento de bovinos.....	42
3.5.1 Reatividade de bovinos	43
3.5.2 Temperatura corporal superficial em bovinos e a termografia de infravermelho	45
4 MATERIAL E MÉTODOS	48
4.1 Desenvolvimento do trabalho	48
4.2 Material.....	48
4.3 Caracterização da matéria prima	49
4.3.1 Caracterização física.....	49
4.3.1.1 Densidade real.....	49
4.3.1.2 Teor de umidade.....	50
4.3.2 Caracterização química.....	51
4.3.2.1 pH.....	51

4.3.2.2 Composição química.....	51
4.3.3 Caracterização microestrutural.....	52
4.4 Confeção das chapas homogêneas de partículas.....	53
4.4.1 Determinação do rendimento das partículas	56
4.5 Caracterização das chapas homogêneas de partículas.....	57
4.5.1 Obtenção dos corpos de prova	57
4.5.2 Caracterização física.....	58
4.5.2.1 Densidade aparente.....	58
4.5.2.2 Inchamento em espessura e absorção de água.....	59
4.5.2.3 Perfil de densidade	61
4.5.3 Caracterização mecânica	62
4.5.3.1 Ensaio de flexão estática.....	62
4.5.3.2 Arrancamento de parafuso.....	64
4.5.3.3 Dureza Janka	65
4.5.4 Durabilidade.....	66
4.5.4.1 Envelhecimento natural – exposição às intempéries	67
4.5.4.2 Aplicação das chapas homogêneas de partículas em parede lateral de fechamento de curral para manejo de bovinos	69
4.6 Painéis modulares	71
4.6.1 Caracterização da madeira utilizada na montagem dos painéis modulares	73
4.6.2 Ensaio de impacto de corpo mole.....	74
4.6.3 Simulação numérica.....	78
4.6.4 Aplicação dos painéis modulares em instalação para manejo de bovinos	79
4.6.5 Avaliação do desempenho estrutural dos painéis modulares aplicados na seringa.....	84
4.7 Parâmetros de comportamento de bovinos	86
4.7.1 Manejo aplicado.....	86
4.7.2 Avaliação da reatividade dos bovinos submetidos ao manejo com os painéis modulares e convencional.....	88

4.7.3 Avaliação da temperatura de superfície corporal dos bovinos submetidos aos manejos	90
4.8 Análise de dados.....	93
4.8.1 Seleção de densidade nominal da chapa de partículas homogêneas	93
4.8.2 Avaliação do revestimento superficial das chapas homogêneas de partículas	93
4.8.3 Durabilidade das chapas homogêneas de partículas	93
4.8.3.1 Propriedades mecânicas	93
4.8.3.2 Propriedades colorimétricas	94
4.8.3.3 Propriedades mecânicas das chapas homogêneas de partículas aplicadas na seringa	94
4.8.4 Avaliação do desempenho mecânico dos painéis modulares ..	95
4.8.5 Parâmetros comportamentais dos bovinos	95
4.8.5.1 Escore de comportamento.....	95
4.8.5.2 Tempo de saída	95
4.8.5.3 Temperatura corporal superficial média.....	95
4.8.5.4 Temperatura corporal superficial máxima	96
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
5.1 Rendimento das partículas de bagaço de cana-de-açúcar.....	97
5.2 Propriedades das partículas de bagaço de cana-de-açúcar	98
5.2.1 Propriedades físicas	98
5.2.1.1 Densidade real.....	98
5.2.1.2 Teor de umidade.....	99
5.2.2 Propriedades químicas.....	100
5.2.2.1 pH.....	100
5.2.2.2 Composição química.....	100
5.3 Microestrutura das partículas de bagaço de cana-de-açúcar	101
5.4 Propriedades das chapas homogêneas de partículas	105

5.4.1 Propriedades mecânicas do experimento preliminar para definição da densidade nominal das chapas homogêneas de partículas	106
5.4.2 Propriedades físicas das chapas homogêneas de partículas .	108
5.4.2.1 Densidade aparente, inchamento em espessura e absorção de água	109
5.4.2.2 Avaliação da eficiência do revestimento superficial.....	110
5.4.2.3 Perfil de densidade	113
5.4.3 Propriedades mecânicas das chapas homogêneas de partículas	116
5.4.3.1 Arrancamento de parafuso e dureza Janka	116
5.4.4 Durabilidade.....	118
5.4.4.1 Propriedades mecânicas após envelhecimento natural ..	118
5.4.4.2 Propriedades colorimétricas após envelhecimento natural	119
5.4.4.3 Propriedades mecânicas após aplicação em curral para manejo de bovinos.....	127
5.5 Comportamento mecânico do painel modular.....	131
5.5.1 Propriedade mecânica da madeira utilizada nos painéis modulares	131
5.5.2 Impacto de corpo mole	132
5.5.3 Simulação numérica	133
5.5.4 Painel modular aplicado em seringa de curral para manejo de bovinos	139
5.6 Parâmetros de comportamento de bovinos	141
5.6.1 Escore de comportamento e tempo de saída.....	141
5.6.2 Temperatura de superfície corporal.....	143
5.7 Possibilidades de uso das chapas homogêneas de partículas.....	147
6 CONCLUSÕES	148
7 PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE	149
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	150
APÊNDICE	161

1 INTRODUÇÃO

A construção rural é definida como toda aquela que compõe o “habitat” do homem do campo e pode ser agrupada em duas categorias: residências rurais e construções rurais propriamente ditas, destinadas à produção agrícola e pecuária (CARNEIRO, 1979).

Ao observar o ambiente rural no Brasil, encontram-se construções dispersas, espalhadas por regiões agrícolas do interior do país, em sítios ou fazendas, em geral desprovidos de características arquitetônicas mais elaboradas, a não ser em alguns casos, sob o aspecto técnico-histórico (como as tradicionais fazendas de café do Sudeste, ou os engenhos de açúcar do Nordeste). De maneira geral as construções rurais brasileiras são vistas como um conjunto de elementos destinados à produção (agrícola ou pecuária) ou à moradia, interligado ao mundo através de caminhos de terra, campos cultivados e pequenos vilarejos, componentes do que se reconhece como paisagem rural (FERRÃO, 2010).

O núcleo industrial de uma propriedade rural abrange construções específicas, destinadas à produção agrícola, ou agroindustrial, e que por isso mesmo devem ser projetadas e construídas de maneira a atender as exigências do processo produtivo a que se destina. Fiorelli e Medeiros (2008) indicaram que as construções rurais são, na maioria das vezes, executadas com projetos e tecnologias rudimentares. Não raramente, as novas instalações são elaboradas e executadas observando as existentes e assim incorporando os defeitos praticados e dificilmente incorpora técnicas e tecnologias inovadoras.

O Brasil ainda apresenta pequena quantidade de estudos aplicados ao desenvolvimento de projetos de instalações zootécnicas e novas tecnologias para tal finalidade, ficando a mercê de recomendações e tecnologias desenvolvidas em outros países, adequadas a suas realidades e necessidades.

A bovinocultura vem desenvolvendo-se rapidamente nos últimos anos, todavia as pesquisas têm sido direcionadas quase que estritamente às áreas de nutrição, melhoramento genético e reprodução. Apesar dessas abordagens contribuírem muito, trazendo inúmeros benefícios para o setor da carne, o animal acaba sendo comparado a uma “máquina”, dependendo

essencialmente da nutrição para responder aos anseios da produção (PARANHOS DA COSTA et al., 2002).

Com a devida constatação da escassez de novas tecnologias e pesquisas aplicadas ao desenvolvimento das instalações rurais, com o destaque do setor sucroalcooleiro no Brasil, com uma área plantada de cana-de-açúcar de 9 mi de hectares com previsão de aumento (BRASIL, 2015a), e também da bovinocultura de corte, com 33,9 mi de cabeças abatidas no ano de 2014 e projeção de crescimento na produção de carne em 2,1% ao ano no período 2014/15 a 2024/25 (BRASIL, 2015b), sendo este cada vez mais exigido e pressionado quanto a um sistema de produção sustentável e que proporcione o bem-estar aos animais por todo seu ciclo produtivo.

Portanto, a presente proposta do trabalho justifica-se ao propor o desenvolvimento de uma tecnologia construtiva não convencional, que utiliza coproduto, tratado algumas vezes ainda como subproduto ou resíduo, do setor sucroalcooleiro (bagaço de cana-de-açúcar) como matéria-prima para construção de painel modular que contribua com a melhoria do ambiente para os animais manejados e ao mesmo tempo agregue tecnologia ao sistema de produção.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos gerais

Avaliar a eficiência de painel modular de chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar como fechamento lateral de curral para manejo de bovinos.

2.2 Objetivos específicos

- Determinar as propriedades físico-químico e microestrutural do bagaço de cana-de-açúcar;
- Caracterizar as chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina pu-mamona sem e com revestimento superficial, antes e após período de exposição a intempéries climáticas e aplicados como fechamento lateral em curral;
- Construir e aplicar painéis modulares com as chapas homogêneas de partículas, em curral para manejo de bovinos de corte como fechamento lateral da instalação;
- Estudar o comportamento mecânico numérico e experimental dos painéis modulares de chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana e madeira de reflorestamento;
- Determinar parâmetros de comportamento de bovinos manejados na instalação edificada com os painéis modulares por meio da mensuração de parâmetros relacionados à temperatura superficial corporal e à reatividade dos animais.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Este item apresenta informações, por meio de uma revisão de literatura, particionada em assuntos referentes à instalação para manejo de bovinos e a bovinocultura de corte, ao sistema construtivo em painel modular, as chapas de partículas e mais especificamente, as chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e informações correlatas aos bovinos e seus parâmetros de comportamento relacionados ao manejo.

3.1 Instalação para manejo de bovinos

Carneiro (1979) afirma que instalações para gado de corte são sempre mais rústicas e simples quando comparadas com as de gado leiteiro. São constituídas pelos currais, mangueiras, seringas, troncos de curativo, banheiros carrapaticidas, cercas e balanças. Fiorelli e Medeiros (2008) afirmam que as instalações rurais para gado de corte são na maioria das vezes executadas com projetos e tecnologias antigas, não focando o bem-estar animal e segurança do trabalhador.

Tradicionalmente em todas as regiões do Brasil, os currais para bovinos foram construídos utilizando o mesmo modelo retilíneo e a “madeira de lei” (palanques de alta resistência e durabilidade de aroeira ou itaúba e régua de madeira resistente ao impacto de ipê, itaúba, faveiro e outras) (EUCLIDES FILHO et al., 2002). Na impossibilidade do uso desses materiais, os autores recomendam o uso de palanques de eucalipto tratado ou mourões pré-moldados de concreto e cordoalha de aço nas cercas do curral.

Com base nas informações expostas com relação a este tipo de instalação no Brasil, fica evidenciado a existência de um modelo historicamente estabelecido e replicado para o manejo de bovinos (Figura 1a), mas que vem sendo substituído mais recentemente, por um novo sistema construtivo que teve sua concepção nos Estados Unidos da América, sendo construído utilizando placas pré-moldadas de concreto (Figura 1b).

Figura 1 – Instalações para manejo de bovinos. Curral convencional em “madeira de lei” (a) e em concreto pré-moldado (b).

Fonte: Própria autoria.

As atividades de manejo no sistema de produção bovino sejam a pasto ou confinado, exigem instalações adequadas para o manejo dos animais. Euclides Filho et al. (2002) afirmam que instalações inapropriadas, além de colocar em risco os animais e o pessoal responsável pelo seu manejo, contribuem para a redução da competitividade e o comprometimento da qualidade da carne e do couro. Assim, uma instalação para manejo de bovinos, quando bem projetada, reduz contusões e hematomas nas carcaças dos animais e lesões nas pessoas envolvidas no manejo (GRANDIN, 1983).

Uma instalação para manejo de bovinos compreende um grupo de estruturas necessárias ao manejo dos animais e são constituídas por curraletes, seringa, tronco coletivo, brete, balança e embarcadouro ou carregador (Figura 2). É utilizado para confinar com segurança e eficiência os bovinos para observação, manejo sanitário de rotina e procedimentos de manejo (BICUDO et al., 2002).

forneçam facilidade de montagem por meio do projeto de interfaces representam uma proposta de inovação tecnológica. Formoso e Ino (2003) definem inovação tecnológica como sendo um produto ou processo construtivo que incorpore uma nova ideia, representando um sensível avanço na tecnologia existente e predominantemente em cada região ou localidade.

Considerando as técnicas construtivas, tipos de instalações e materiais encontrados nas instalações rurais do país, a proposta da construção de um painel modular com chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana e a de sua aplicação como um componente construtivo para uma instalação rural, se insere ao exposto anteriormente, como sendo considerada uma inovação tecnológica que incorpora uma nova ideia, utilizando também de outro conceito discutido e estudado na área da construção civil, que é o da coordenação modular.

Sua definição na arquitetura, é de um método ou abordagem de projeto, com elementos construtivos dimensionados a partir de uma unidade de medida comum, chamada de módulo e que define as dimensões e proporções dos elementos, estabelecendo uma relação de dependência entre eles e o produto final, a edificação.

O uso de módulos na arquitetura pode ser encontrado em várias épocas, desde a Antiguidade (FERREIRA; BREGATTO; D'AVILA, 2008). Segundo Greven e Baldauf (2007), pode-se dizer que a coordenação modular tem como objetivo a racionalização da construção, sendo que Rosso (1980, apud GREVEN; BALDAUF, 2007) define racionalização como a aplicação mais eficiente de recursos para a obtenção de um produto dotado da maior efetividade possível.

De acordo com Baldauf (2004), no Brasil o conceito da coordenação modular para a construção civil tomou força na década de 70, mas mesmo o país sendo um dos pioneiros a aprovar uma norma de Coordenação Modular (NB-25R) no ano de 1950, a mesma apresenta-se estagnada principalmente pela falta de estudos e pelo caos dimensional de grande parte dos componentes construtivos. As principais contribuições do conceito estão atreladas quanto a parte econômica, com a redução de custos por otimização do uso da matéria-prima e diminuição de perdas, e quanto a sustentabilidade

por proporcionar melhor aproveitamento dos componentes construtivos e diminuição de sobras.

Valle, Ino e Shimbo (2008) mencionam que para a construção civil incorporar conceitos de qualidade, através da racionalização e industrialização, já utilizada por outros setores da indústria da transformação, a fim de atingir melhores níveis de desempenho em seu processo produtivo, é preciso desenvolver produtos e processos que promovam a redução de custos e melhoria da qualidade. No mesmo sentido do conceito mencionado anteriormente, Barboza et al. (2011) afirmam que a sustentabilidade, racionalização e redução de custos são questões muito abordadas e discutidas no âmbito da construção civil, afirmando que a técnica de coordenação modular, juntamente com a pré-fabricação, pode melhorar significativamente a produtividade e qualidade dos produtos.

A aplicação de sistema modulares pré-fabricados em instalações rurais foi estudada por Fiorelli, Soriano e Rocco Lahr (2012). Os autores demonstraram que sistemas modulares representam um novo conceito para a arquitetura rural e proporcionam os benefícios dos sistemas pré-fabricados. Da mesma forma, Sartori et al. (2012) desenvolverem um painel portante composto por chapas de partículas aglomeradas e madeira de florestas plantadas, como alternativa para fechamento lateral de instalações para bovinos e, por meio de ensaios de laboratório, demonstraram sua eficiência para o uso proposto.

3.3 Chapas de partículas

A tecnologia de produção de painéis de partículas aglomeradas desenvolveu-se principalmente após a Segunda Guerra Mundial, em função da escassez da matéria-prima e, também, pela necessidade de reduzir perdas ocorridas tanto na indústria madeireira como na exploração florestal. No Brasil, a produção de painéis de madeira aglomerada teve início em 1966 (MENDES et al., 2003). Os painéis à base de madeira assim como outros produtos derivados da madeira, foram ganhando espaço como alternativa interessante quanto aos materiais disponíveis para utilização na construção

civil, das indústrias moveleiras, naval e outras (CAMPOS; ROCCO LAHR, 2004).

De acordo com norma técnica ABNT NBR 14.810-2:2006 – Chapas de madeira aglomerada, chapa de partículas de madeira é um produto em forma de painel, que pode variar em espessura de 3 mm a 50 mm, constituído de madeira aglomeradas com resinas naturais ou sintéticas, termofixas, sob a ação de pressão e calor, sendo que a geometria das partículas e sua homogeneidade e outros parâmetros podem ser modificados para fabricar produtos adequados aos usos finais específicos. Referente ao tipo de chapa de partículas proposta ao trabalho, o documento ainda se refere a definição para chapas aglomeradas estruturais, as quais são de alta resistência mecânica, adequadas para o uso em estruturas que irão suportar cargas e também as chapas aglomeradas homogêneas, que são compostas por uma única camada de partículas.

Essas chapas aglomeradas são geralmente fabricadas a partir de partículas de madeira aglutinadas por adesivo sintético ou outro aglomerante, sendo o conjunto prensado a quente, por tempo suficiente para que a cura da resina se efetue (IWAKIRI et al., 2004 e HILLIG, 2000). Normalmente, para fins comerciais, são constituídos por partículas maiores dispostas ao centro com menores nas superfícies externas, com a aglutinação realizada com resina sintética (OLIVEIRA, 2013)

Segundo Maciel et al. (2004) no Brasil, a madeira para produção de painéis aglomerados vem de florestas plantadas e de empresas produtoras e, entre estas, algumas utilizam madeira de Pinus na sua linha de produção, outras empregam apenas Eucalipto e algumas combinam Pinus e Eucalipto em proporções variáveis. Portanto, esse setor da indústria brasileira consome um volume significativo de madeiras provenientes de florestas plantadas, principalmente do gênero pinus e eucalipto, sendo que para atender à esta demanda crescente pela madeira, há necessidade de não somente aumentar a área de plantios com essas espécies, mas também procurar opções de matéria-prima de rápido crescimento que possam contribuir de forma quantitativa e qualitativa (MENDES et al., 2010).

A princípio, esses painéis também podem ser fabricados a partir de qualquer outro material lignocelulósico, como os oriundos de resíduos agroindustriais, que lhes confirmam alta resistência mecânica e peso específico pré-estabelecido. Uma vez que a composição química destes materiais é semelhante à da madeira, mais precisamente, com a das madeiras duras que contêm menor teor de lignina e maior teor de hemiceluloses do tipo pentosanas (ROWELL et al., 2000).

Saldanha (2004) descreve que a importância do setor de chapas de madeira reconstituída pode ser atribuída a fatores como: a necessidade do uso racional dos recursos florestais; restrições no uso e comercialização de madeiras nativas e o melhor aproveitamento da matéria-prima madeira no processamento. Estes fatos fortalecem mais a indústria de chapas reconstituídas, que utilizam exclusivamente madeiras de florestas plantadas, sendo na sua maioria do gênero *Pinus* e *Eucalyptus*. Ainda de acordo com o autor, as chapas reconstituídas, principalmente as de partículas, assumiram um papel de destaque no mercado nacional no final dos anos 90, pois foram elas que apresentaram a maior evolução em inovações tecnológicas, disponibilizando ao mercado novos produtos como: MDF e OSB, matéria-prima alternativa para os setores moveleiros e de construção civil respectivamente.

Ainda com relação ao desenvolvimento das chapas de madeira reconstituída, Castro (2000) cita que só nos últimos quarenta anos as mesmas ganharam força, surgindo vários tipos de chapas de grandes dimensões, com maior estabilidade dimensional, mais homogênea, sem defeitos, com ganhos de melhorias em relação as propriedades físicas e mecânicas, resistência à biodeteriorização, adequados a indústria moveleira e a construção civil. Porém, esses produtos só foram possíveis de ser fabricados, a partir do desenvolvimento de resinas sintéticas.

De acordo com Iwakiri et al. (2000), na produção de chapas de partículas aglomerada de madeira, o fator espécie está relacionado principalmente com a densidade. As propriedades físico-mecânicas das chapas de aglomerado são altamente influenciadas pela relação entre a densidade do painel e a

densidade da madeira utilizada, a qual é denominada de razão de compactação (MALONEY e KELLY, 1977).

Para viabilizar a utilização de espécies de maior densidade, ou partículas de outros materiais, existe a alternativa de mistura de diferentes espécies, com maior e menor densidade, visando manter a razão de compactação dentro da faixa aceitável (MOSLEMI, 1974).

Iwakiri et al. (2005a), afirmam que a densidade do painel e o tipo de resina utilizada na sua produção, são as variáveis de maior importância para adequação das propriedades do aglomerado para determinadas aplicações.

Zhang et al. (1998), encontraram um aumento nas propriedades de módulo de elasticidade, módulo de ruptura e ligação interna, com o aumento da densidade das chapas de 0,60 a 0,70 g/cm³. Porém o inchamento em espessura é maior para chapas de maior densidade, devido à maior quantidade de material lenhoso e maior densificação, resultando na maior liberação de tensões de compressão impostas durante a prensagem (MOSLEMI, 1974; KELLY, 1977).

Cravo et al. (2014) ao estudarem as propriedades térmicas de um forro ecológico de baixa densidade a base de casca de amendoim e fibra de coco verde, aglutinadas com resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona, demonstraram a eficiência do material quando aplicado como forro em galpões aviários.

3.3.1 Bagaço de cana-de-açúcar

O bagaço de cana-de-açúcar é um material fibroso resultante da moagem da cana nas usinas sucroalcooleiras para a obtenção do caldo, considerado por muito tempo como um subproduto, hoje é classificado como um coproduto de valor nas usinas de moagem de cana assim, como o açúcar e o etanol, sendo o material lignocelulósico mais abundante no Brasil (FONSECA, 2009).

Segundo dados de Brasil (2015a), a safra de cana-de-açúcar no Brasil referente à 2014/2015 foi de 635 milhões de toneladas, sendo o estado de São Paulo o maior produtor, com área plantada de 4.686 mil hectares, responsável pela produção de 341 milhões toneladas. Este total produzido, representa a

geração de cerca de 159 a 178 milhões de toneladas de bagaço de cana-de-açúcar, de acordo com Teixeira (2014) a produção de bagaço representa 25% em peso médio do total colhido. Silva et al. (2007), reportaram que cada tonelada processada de cana-de-açúcar gera um total de 280 kg de resíduo.

Geralmente, parte do montante de bagaço de cana produzido pelas usinas sucroalcooleiras é queimada em reservatórios de vapor para produzir energia para seu próprio uso industrial, mas atualmente devido às suas características físico-químicas, está sendo utilizado na produção de ração para animal, indústria química para a produção de plástico biodegradável, na produção de bicarbonato de sódio e cloreto de amônio, e também para a manufatura de painéis aglomerados (SILVA et al., 2007 e ANSELMINI, 2007).

Mais recentemente, a geração elétrica demonstrou-se tão interessante quanto a produção de calor para as usinas sucroalcooleiras de maior escala, com o emprego de turbinas para este fim, tornando o processo de cogeração de eletricidade interessante ao setor. Porém, a utilização do bagaço de cana como fonte eletricidade ainda está aquém das potencialidades tecnológicas e institucionais que poderiam garantir maior participação na oferta de energia térmica, sendo a baixa eficiência produtiva das plantas atuais em operação no país um dos motivos para tal subutilização (TEIXEIRA, 2014)

3.3.2 Chapas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar

A produção de chapas de partículas de resíduos lignocelulósicos é uma alternativa de destino com agregação de valor a esse subproduto, possibilitando atender à crescente demanda da indústria de painéis de madeira, além de contribuir com a diminuição do uso da madeira, reduzindo custos de produção dos painéis, tornando-os mais competitivos no cenário econômico (MENDES et al., 2010).

Segundo Fiorelli et al. (2012), os estudos para o uso de resíduos lignocelulósicos na produção de novos materiais vem se intensificando e juntamente com essa tendência, a contribuição para a mitigação do impacto ao meio ambiente, podendo que a produção de painéis aglomerados de bagaço de cana-de-açúcar ser inserida nesse contexto.

Para a produção de chapas de partículas, o bagaço de cana-de-açúcar está entre os materiais mais promissores dentre outros resíduos agroindustriais, devido ao seu baixo custo e abundância. A estrutura lignocelulósica do bagaço é semelhante à da madeira (SANTANA; TEIXEIRA, 1993), mais precisamente com a das madeiras duras que contêm menor teor de lignina e maior teor de pentosanas (SOUSA et al., 1986).

Com relação às propriedades e qualidade dos painéis, muitos são os fatores que contribuem para as características do produto final, dentre eles pode-se destacar: a densidade do material lignocelulósico, densidade dos painéis, umidade das partículas, razão de compactação, ciclo de prensagem, quantidade e tipo de adesivo (KELLY, 1977 e MALONEY, 1993).

Vários trabalhos foram desenvolvidos visando avaliar a viabilidade de uso de resíduos lignocelulósicos na produção de chapas de partículas, Barros Filho (2009) trabalhou com desenvolvimento e caracterização de chapas aglomeradas de cana-de-açúcar gerado em usina de álcool, açúcar e de alambique, utilizando resinas uréia-formaldeído e melamina-formaldeído. Comparando os resultados de propriedades físico-mecânicas experimentais com as recomendações da norma comercial americana CS 236-66 - *Mat formed wood particleboard*, para painéis aglomerados de média densidade, foi verificado que apenas as propriedades físicas atenderam as recomendações dessa norma.

Silva (2006) avaliando a viabilidade técnica do emprego de partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na confecção de painéis OSB, demonstrou a viabilidade da produção dos painéis, cujas propriedades atenderam os requisitos das diferentes faixas de uso propostos pela norma EN-300/200 - *Aglomerado de partículas de madeira longas e orientadas (OSB)*. O autor concluiu que a resina poliuretana à base de mamona e a resina Cascomel M 08 ME, são compatíveis com o bagaço de cana-de-açúcar, para a produção de painéis partículas.

Mendes et al. (2010) avaliaram o efeito da associação de bagaço de cana-de-açúcar com partículas de madeira de eucalipto em diferentes proporções. Os resultados obtidos para painéis produzidos com 12% de uréia-formaldeído, 75% de bagaço de cana e 25% de partículas de madeira de eucalipto, foi a

formulação que atendeu os valores de propriedades físico-mecânicas estipulados pela norma CS 236-66, com exceção do módulo de elasticidade (MOE).

Contreras et al. (2006) verificaram a possibilidade de fabricação de painéis de partículas à base de cana brava (*Gynerium sagittatum*) e adesivo fenol-formaldeído (FF) nas proporções de 10 e 13%. Pelos resultados encontrados de propriedades físico-mecânicas, foram identificados painéis com densidade média de 0,65 g/cm³, MOR médio de 18 MPa e adesão interna igual a 0,35 MPa, atendendo as especificações do documento normativo 847:1991 - *Norma Venezolana COVENIN*.

Silva et al. (2008) avaliaram o emprego do bagaço da cana-de-açúcar e a resina cascomel M 08 ME, como matriz polimérica, na fabricação de painéis de partículas longas e orientadas, semelhante ao OSB. Nesse trabalho, foi mantida fixa a pressão em 5 MPa, a porcentagem de resina em 10% e a temperatura de prensagem variou entre 90°C e 130°C. Resultados obtidos indicam que os painéis estudados apresentaram comportamento físico-mecânico que permite sua comparação com painéis OSB comerciais, e possibilitam sua indicação para usos análogos a tal produto.

Battistelle et al. (2009) avaliaram a possibilidade de produção de painéis de partículas a partir de fibras das folhas caulinares do bambu da espécie *Dendrocalamus giganteus*, bagaço da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum*) e resina ureia-formaldeído, como matriz polimérica. Os resultados mostraram que o bagaço da cana-de-açúcar apresenta bom potencial para a produção de painéis de partículas e as propriedades físico-mecânicas atendem aquelas estabelecidas pelos documentos normativos.

Mendes et al. (2008) compararam as propriedades físicas e mecânicas de painéis de partículas produzidos com bagaço de cana-de-açúcar oriundos da China, com painéis comerciais produzidos no Brasil à base de madeira de Pinus e Eucalipto. Os autores concluem dizendo que as propriedades mecânicas de MOR e MOE não apresentaram diferença estatística significativa. No entanto, finalizam afirmando que manipulações nas variáveis de processamento são necessárias para viabilizar o uso do bagaço de cana-de-açúcar na produção de painéis de partículas.

Marcilio et al. (2008) propuseram a utilização do bagaço da cana-de-açúcar para confecção de chapas de partículas reforçadas com fibras das folhas caulinares do bambu (palha de bambu), da espécie *Dendrocalamus giganteus* e resina ureia-formaldeído. Com base nos resultados obtidos, os materiais apresentam potencial para serem utilizados na fabricação de chapas de partículas com densidade de até 1 g/cm³.

De acordo com Santana e Teixeira (1993); Rowell e Keany (1991) e Young (1967), um dos obstáculos à melhor utilização dos painéis de partículas de bagaço de cana-de-açúcar é a baixa estabilidade dimensional, decorrente da alta tendência à absorção de água.

Belini et al. (2014) ao avaliarem a utilização de partículas de bambu como reforço em painéis multicamadas de bagaço de cana-de-açúcar de baixa densidade, afirmaram que o tamanho das partículas do bagaço de cana-de-açúcar e bambu foram adequadas para a confecção dos painéis em multicamadas, proporcionando particulados com excelente acabamento superficial e similaridade àqueles comercializados no Brasil.

3.3.3 Adesivos e aditivos para produção de chapas de partículas

Os adesivos que podem ser utilizados na colagem das partículas das chapas aglomeradas são classificados por Olmos (1992) em dois grupos básicos sendo os adesivos de origem natural e os de origem sintética.

Na categoria dos naturais destacam-se aqueles de origem animal, amido, caseína, albumina de proteína vegetal, mamona e o tanino (extraídos de algumas espécies de vegetais: barbatimão, angico-preto, acácia, quebracho, dentre outras). Com relação a categoria dos de origem sintética, destacam-se a ureia-formaldeído, resorcinol-formaldeído, fenol-formaldeído, melanina e polivinil.

A resina uréia-formaldeído é a mais utilizada frequentemente em razão de seu baixo custo, adequação ao projeto de produto e aplicabilidade final dos painéis. Mas segundo Maloney (1996) e Pizzi (1994), devido a necessidade de diminuir a emissão de formol, produto carcinogênico, existentes na composição das resinas uréicas, foram desenvolvidos vários estudos que

avaliaram a mistura com outras resinas, como, por exemplo, resina melamínica, a qual confere às chapas maior resistência à umidade.

No entanto, existe uma tendência mundial para o uso de produtos biodegradáveis, não poluentes e originados de insumos renováveis, que de acordo com Araújo (1992), fez avançar as pesquisas, levando à descoberta da resina poliuretana derivada do óleo de mamona, apresentada na formulação de bicomponente.

Conhecida internacionalmente como “Castor Oil”, a mamona (*Ricinus communis*) é uma planta da família Euphorbiaceae, da qual é extraído o óleo de mamona, também conhecido como óleo de rícino. Esta planta é encontrada em regiões tropicais e subtropicais, sendo muito abundante no Brasil.

A partir do óleo de mamona torna-se possível sintetizar polióis e pré-polímeros com diferentes características que, quando misturados, dão origem a um poliuretano. Esta mistura poliól (à base de mamona) e pré-polímero, a frio, levam à reação de polimerização da mistura. Esta reação conduz à formação da poliuretana, sendo possível variar a porcentagem do poliól, que definirá maior ou menor dureza ao produto final, bem como o emprego de catalisador adequado a fim de aumentar a velocidade da reação (JOSÉ; BERALDO, 2006).

Segundo Woods (1990), as resinas poliuretanas mostram grande versatilidade de aplicação, podendo ser utilizadas em diferentes segmentos industriais.

José e Beraldo (2006) utilizaram partículas de *Bambusa vulgaris* Schrad e como aglomerante resina poliuretana à base de óleo de mamona, com a finalidade de buscar sustentabilidade para o processo produtivo. Pelos resultados obtidos pode-se afirmar que a relação custo-benefício, tendo em vista que a resina é o material de maior custo econômico e ambiental na composição da chapa, torna-se mais viável a produção de chapas com 10% de resina, apesar das chapas com 15% de resina apresentarem valores superiores aos das chapas com 10% de resina, porém não demonstram estatisticamente diferença significativa.

Nascimento (2006) avaliou a possibilidade de fabricação de painéis OSB com espécies de madeira da caatinga do Nordeste do Brasil e resina

poliuretana bicomponente de mamona. Os resultados do trabalho indicam a viabilidade de fabricação do referido produto, cujas propriedades mecânicas são equivalentes às das chapas OSB, fabricadas em escala industrial.

Silva (2006) verificou a eficiência de painéis de partículas longas e orientadas oriundas de bagaço de cana-de-açúcar com resina bicomponente à base de mamona, afirmando que o painel fabricado apresentou desempenho similar ao OSB derivado da madeira, sendo extremamente viável. Ressalta-se que foi utilizada toda matéria-prima do bagaço, sem seleção de partículas, caracterizando menor custo. O autor acrescenta dizendo que existe uma tendência de uso de resinas em temperaturas variando de 90°C a 130°C.

Fiorelli et al. (2011) estudando o potencial de utilização de bagaço de cana-de-açúcar para fabricação de painéis de partículas aglomeradas, utilizando resina poliuretana à base de óleo de mamona, concluíram que a mesma se mostrou eficiente como matriz polimérica para fabricação deste compósito.

Sartori et al. (2012) afirmaram que a resina poliuretana à base de óleo de mamona mostra-se como alternativa eficiente para produção de painéis de partículas à base de bagaço de cana-de-açúcar, em substituição à resina uréia-formaldeído empregada atualmente pela indústria, ao desenvolver painel em madeira de reflorestamento e chapas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar.

Bertolini et al. (2012) ao utilizarem a resina poliuretana à base de óleo de mamona na proporção de 12%, similar a utilizada em escala industrial com formaldeído, na produção de painéis de partículas de *Pinus sp.*, obtiveram resultados para as propriedades físico-mecânicas que atenderam os requisitos dos documentos normativos e ainda, afirmaram ser possível utilizar quantidades menores de resíduo diminuindo assim o custo de produção.

3.3.4 Propriedades físico-mecânicas

Assim como terminologias e métodos de ensaio são definidos por documentos normativos específicos para cada tipo de material, os requisitos de propriedades físico-mecânicas também são estipulados por esses

documentos. Estes apresentam valores para algumas das propriedades, como também separam estes por classes dentro do próprio material.

Os requisitos de propriedades físico-mecânicas para chapas de partículas aglomeradas, são encontrados nos documentos normativos ABNT NBR 14.810-2:2006 – *Chapas de madeira aglomerada* e ANSI A208.1:1999 – *Particleboard*. Esses documentos serão utilizados como referência para comparação com os valores das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar, devido à semelhança dos materiais. Nas Tabela 1 e Tabela 2 são apresentados os requisitos das propriedades físico-mecânicas das normas já citadas.

Tabela 1 – Requisitos das propriedades físico-mecânicas para chapas de partículas de madeira aglomerada da norma ANSI A208.1:1999.

Classificação	Categoria	Densidade (kg/m³)	MOR (MPa)	MOE (MPa)	AI (MPa)	Dureza (N)
Alta densidade	H-1	>800	16,5	2400	0,90	2225
Alta densidade	H-2	>800	20,5	2400	0,90	4450
Alta densidade	H-3	>800	23,5	2750	1,00	6675
Média densidade	M-1	640-800	11,0	1725	0,40	2225
Média densidade	M-S	640-800	12,5	1900	0,40	2225
Média densidade	M-2	640-800	14,5	2250	0,45	2225
Média densidade	M-3	640-800	16,5	2750	0,55	2225
Baixa densidade	LD-1	<640	3,0	550	0,10	-
Baixa densidade	LD-2	<640	5,0	1025	0,15	-

Fonte: Adaptado da norma ANSI A208.1:1999.

Tabela 2 – Requisitos das propriedades físico-mecânicas para chapas de partículas de madeira aglomerada da norma NBR 14810-2:2006.

Classificação	Densidade (kg/m³)	Espessura (mm)	MOR (MPa)	IE 2h (%)	AI (MPa)	AP (N)	
						Topo	Superfície
M1N.S	551-750	3-4	17	8	-	-	-
		5-7	17	8	0,40	-	-
		8-13	18	8	0,40	-	-
		14-20	16	8	0,35	800	1020
		21-25	14	8	0,30	800	1020
		26-32	12	8	0,24	700	1020
		33-50	10	8	0,20	700	1020

Fonte: Adaptado da norma NBR 14810-2:2006.

3.4 Bovinocultura de corte

No ano de 2013 o rebanho brasileiro de bovinos foi estimado em 212 milhões de cabeças (BRASIL, 2015b), com 80% desse total composto por animais zebuínos (*Bos Indicus*), destacando-se os animais da raça Nelore, com 90% desta parcela. Estes animais são considerados extremamente adaptados às condições brasileiras, tanto ao ambiente quanto ao sistema de produção e podem ser encontrados por toda extensão do território brasileiro (ABIEC, 2015).

Ainda de acordo com ABIEC (2015) o rebanho brasileiro está em plena evolução, com a melhoria dos índices zootécnicos e com maior e melhor produção por área. Essas características têm permitido que a pecuária brasileira se torne cada vez mais sustentável e uma referência no mundo inteiro.

Seguindo esse conceito, as projeções para o setor produtor de carnes brasileiro mostram que esse setor deve apresentar intenso crescimento nos próximos anos, com a expectativa de que a produção de carne no Brasil continue seu rápido crescimento na próxima década e que os preços ao produtor devem crescer fortemente durante os próximos dez anos (OECD-FAO, 2015). O Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (USDA, 2015) classifica o Brasil em 2024, como segundo maior exportador de carne bovina, sendo a Índia o primeiro exportador.

Mesmo com todo esse panorama demonstrando-se positivo a atividade da pecuária de corte, a mesma que se encontra difundida em todos os estados brasileiros, apresenta níveis médios de produtividade muito abaixo do potencial. Todavia, as pressões impostas pela globalização da economia exigem do setor, assim como de todos os outros setores produtivos, uma reestruturação fundamentada na eficiência. A exposição dos mercados dos diversos países a essa competitividade globalizada fez com que a necessidade de se produzir de forma eficiente e eficaz se tornasse, em muitos casos, sinônimo de sobrevivência ou permanência no negócio. Recentemente, a essa demanda por eficiência, associou-se à necessidade de se ter um produto final com qualidade resultante de cadeias produtivas competitivas, socialmente

justas, ambientalmente corretas e rentáveis, isto é, cadeias produtivas sustentáveis na concepção ampla do termo (EUCLIDES FILHO et al. 2002).

Segundo Francisco (2014), a preocupação com a origem do produto consumido está cada vez mais em evidência. Questões éticas, se esses foram produzidos considerando quesitos ambientais e humanitários, bem como, exigências de informações sobre a procedência, forma como foi produzido, desde sua idealização até a concretização e venda. Desta forma quanto aos produtos de origem animal, a certificação de que o mesmo foi produzido dentro das exigências mencionadas, principalmente sobre o bem-estar dos animais, vem se tornando uma exigência entre os consumidores do mundo todo.

3.5 Parâmetros de manejo e comportamento de bovinos

Seguindo com o exposto anteriormente sobre as exigências impostas a atividade da bovinocultura de corte, Oliveira et al. (2008) relataram que divulga-se muito o bem-estar animal e a qualidade da carne bovina e vários estudos estão sendo realizados sobre o tema. Esses autores observaram que não basta ter a melhor genética, alta produtividade, nutrição equilibrada e boa qualidade, se o manejo dos animais está sendo conduzido incorretamente. Golpes com paus, guizos, picana elétrica (choque), uso de cães, seringas cheias, mangueiras em mal estado de conservação e manejo com muita rapidez são alguns exemplos de manejo inadequado.

Segundo Cruz e Sousa (2005) a correta planificação de instalações pecuárias, tanto em nível espacial quanto em nível do condicionamento ambiental, é fundamental para que sejam cumpridas regras básicas de bem-estar animal.

O bem-estar animal é uma nova ciência, indispensável aos profissionais que trabalham em torno da interação entre humanos e animais e deve estar relacionado com conceitos como: necessidade, liberdade, felicidade, adaptação, controle, capacidade de previsão, sentimentos, sofrimento, dor, ansiedade, medo, tédio, estresse e saúde. Os efeitos sobre o bem-estar podem ser oriundos de situações como: doenças, traumatismos, fome, interações sociais, condições de alojamento, tratamento inadequado, manejo, transporte,

mutilações variadas, tratamento veterinário, entre outras (BROOM; MOLENTO, 2004).

O manejo dos animais deve ser conduzido seguindo algumas determinações, a saber: a) com calma, sem correrias e sem gritos; b) número adequado de pessoas para realizar o trabalho; c) estrutura física em condições favoráveis (piso seco e espaço suficiente, por exemplo). Quintiliano e Paranhos da Costa (2007) recomendaram a necessidade de habituação (acostumar o animal às pessoas, locais e manejos, sem que recebam nenhuma recompensa) e o condicionamento (recompensas são oferecidas aos animais após eles apresentarem o comportamento desejado em determinadas situações de manejo).

Grandin (2008) menciona os princípios a serem empregados para manejar animais em centros de manejo, facilitando assim a sua movimentação, sendo que estes podem ser adotados para qualquer sistema de produção (pequeno rebanho até grandes plantas frigoríficas). Dentre os princípios citados pela autora merece destaque o preenchimento da seringa até metade de sua capacidade; uso da zona de fuga dos animais, para movimentá-los no brete; aproveitamento do comportamento natural dos bovinos de seguirem outros; utilização de equipamentos adequados e apropriados para conduzir os animais.

3.5.1 Reatividade de bovinos

De acordo com Carneiro (2007) distintas definições para temperamento são usadas, optando muitas vezes por fazer uso do termo “reatividade”, dado a gama de características que compõem o temperamento. O conceito de temperamento é antigo e visto de forma bastante ampla, envolvendo definições de ordem fisiológica, psicológica, social e comportamental. O temperamento pode ser definido, como as reações dos animais ao ser humano, geralmente atribuídas ao medo (FORDYCE; GODDARD; SEIFERT, 1982).

O temperamento é uma característica importante para o sistema produtivo de bovinos de corte e tem consequências práticas e econômicas, sendo que em sistemas intensivos de produção, a avaliação do temperamento

de bovinos de corte pode ser ainda mais importante que em condições extensivas, uma vez que esses animais passam por um manejo frequente para pesagens, medições, controle sanitário, reprodutivo e outros (BARBOSA SILVEIRA; FISCHER; WIEGAND, 2008). Animais mais reativos apresentam fator de risco para as pessoas que os manejam e também podem proporcionar custos adicionais em sua produção, em virtude do menor ganho de peso, da maior ocorrência de doenças, do maior número de contusões e da necessidade de reforço e reparos nas instalações (FORDYCE; DODT; WYTHES, 1988; GRANDIN, 1993).

Barbosa Silveira, Fischer e Wiegand (2008) afirmaram que a avaliação do temperamento de bovinos é uma ferramenta que pode ser utilizada pela pesquisa e pelo produtor, para otimizar o seu sistema criatório, sendo que o temperamento apresenta moderada a elevada consistência entre as avaliações, podendo ser medido na primeira avaliação de forma quantitativa (tempo de saída, velocidade de fuga e distância de fuga).

A maioria das pesquisas sobre temperamento lança mão da aplicação de escores, medindo o grau de perturbação do animal quando este é submetido a uma determinada situação de manejo, como por exemplo, a pesagem ou contenção no tronco ou seringa (FORDYCE; GODDARD; SEIFERT, 1982). Existem também as medidas quantitativas da velocidade ou do tempo que os animais gastam para percorrer determinada distância, relacionando a maior velocidade com maior agitação e maior reatividade dos animais (BURROW; SEIFERT; COBERT, 1988; PETHERICK et al., 2002; MULLER; KEYSERLINGK, 2006).

Para Carneiro (2007) dentre os testes de não restrição, em que o animal tem liberdade de movimentação em uma área relativamente espaçosa na presença ou ausência de um observador, para mensuração de temperamento em bovinos, mais comuns na literatura estão o de velocidade de fuga, que mede o tempo gasto por um animal para percorrer uma distância conhecida, no qual os animais mais rápidos recebem as piores notas quanto ao temperamento, e o de escores de temperamento, que utiliza uma escala numérica absoluta para mensurar o temperamento de bovinos de corte,

considerando categorias de comportamento quando um avaliador se aproxima do animal.

3.5.2 Temperatura corporal superficial em bovinos e a termografia de infravermelho

A temperatura corporal é considerada um importante indicador de bem-estar animal, portanto sendo de grande importância sua correta aferição para que se faça o controle correto do ambiente ou diagnóstico do nível de estresse. De acordo com Monteith e Unsworth (2007, apud GRACIANO, 2013) as interações entre o ambiente, o alojamento e o próprio animal são complexas e dinâmicas, sendo que parte da resposta do animal ao ambiente é inerente ao estímulo imposto pelo próprio ambiente.

Graciano (2013) diz que em seu ambiente natural, os animais já encontraram maneiras escapatistas para resolverem as suas adaptações, entretanto, em escala comercial de produção, muito há que se aprender entre as respostas comportamentais dos animais, ao enfrentarem ambientes inadequados, ou ainda agressivos à sua natureza. Ainda segundo o autor, o microclima gerado dentro de uma instalação é definido pela combinação de elementos como variáveis termodinâmicas do ar ambiente, umidade relativa do ar, luz, som, poluição, densidade animal e condições alimentares.

Com a importância que o bem-estar animal tem assumido dentro do setor de produção animal e também nas pesquisas científicas da área, tornou-se imprescindível a utilização de técnicas e equipamentos não invasivos que prezem pelo conforto e bem-estar animal, destacando-se assim, a termografia de infravermelho. Na produção animal, o uso de novas tecnologias surge, dentre outras aplicações, como alternativa para precisar o impacto dos fatores ambientais dando suporte à decisão e promovendo a saúde e o bem-estar animal (ROBERTO; SOUZA, 2014).

Segundo Brioschi, Macedo e Macedo (2003), a termometria cutânea por imagem infravermelha é o meio mais eficiente para o estudo da distribuição da temperatura cutânea atualmente. A termometria cutânea é um método diagnóstico que avalia a microcirculação da pele e que, indiretamente,

também avalia o sistema nervoso autônomo simpático estreitamente relacionado com a pele.

Stewart et al. (2005), afirmam que a termografia é um método não invasivo de diagnóstico e ainda, de acordo com Roberto e Souza (2014), os termovisores captam as radiações infravermelhas e as transformam num mapa térmico da superfície do animal, sendo indicada como ferramenta útil em estudos de bem-estar animal, uma vez que pode medir a temperatura do corpo ou de partes do corpo dos animais sem a necessidade de contenção, de forma rápida, precisa e não invasiva.

A luz infravermelha é invisível ao olho humano, portanto as câmeras termográficas infravermelhas têm como função o trabalho de identificação de calor da superfície de um objeto e mostrar ao usuário informações sobre as temperaturas através de cores visíveis. A termografia infravermelha vem assumindo, em nível experimental, papel cada vez mais relevante como método seguro, não invasivo e capaz de análise em diferentes áreas (Graciano, 2013).

Waldsmith e Oltmann (1994) afirmam que as emissões infravermelhas do animal estão diretamente relacionadas à perfusão e metabolismo dos tecidos e que variações na temperatura da superfície, geralmente são resultado de mudanças na circulação da área avaliada. Calor e edema observados quando há inflamação são fatores que interferem na circulação sanguínea normal e consequentemente na emissão de radiação infravermelha da área afetada. Nesse contexto, o calor é um dos sinais da inflamação, antes mesmo que os sinais clínicos apareçam no paciente é possível, por intermédio desse método, observar os indícios do processo inflamatório (GAVRILA, 1999).

Portanto a utilização da termografia de infravermelho, dentro da proposta do presente trabalho, de avaliar a temperatura corporal superficial dos bovinos quando manejados na seringa convencional e com painéis modulares, toma como embasamento as informações colocadas anteriormente e aproveita por utilizar de uma técnica, que de acordo com Roberto e Souza (2014), com respeito ao bem-estar animal, pode e deve ser usada nos sistemas de produção animal como alternativa aos métodos tradicionais de obtenção de

temperaturas superficiais, trazendo mais precisão, exatidão e praticidade na manipulação de dados.

4 MATERIAL E MÉTODOS

No presente item são apresentadas informações dos materiais utilizados na produção das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e na montagem dos painéis modulares, assim como os procedimentos para a caracterização física, química e morfológica das partículas do bagaço de cana-de-açúcar, caracterização físico-mecânica e de durabilidade das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana, avaliação do desempenho estrutural dos painéis modulares e procedimentos para a determinação dos parâmetros de comportamento de bovinos manejados na instalação edificada com os painéis modulares.

4.1 Desenvolvimento do trabalho

O trabalho foi desenvolvido em três momentos distintos, a saber: 1- produção e caracterização das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar, sendo realizado um experimento preliminar para avaliar o desempenho de chapas homogêneas de partículas com duas densidades nominais distintas (800 e 1000 kg/m³) e seleção da densidade da chapa mais adequada para aplicação na montagem dos painéis modulares; 2- montagem e avaliação do comportamento mecânico (experimental e numérico) dos painéis modulares de chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana e madeira de reflorestamento, na configuração Painel Estrutural (PE) e Painel de Fechamento (PF); 3- Aplicação dos painéis modulares em seringa de curral para manejo de bovinos, avaliação do desempenho mecânico dos painéis modulares e determinação dos parâmetros de comportamento de bovinos manejados nessa instalação e em instalação convencional em madeira.

4.2 Material

O bagaço de cana-de-açúcar foi obtido em usina sucroalcooleira, localizada no município de Pirassununga-SP, sendo coletado diretamente na saída da moenda.

Como adesivo, para a produção das chapas homogêneas de partículas, foi utilizada a resina poliuretana bicomponente à base de óleo de mamona (pamamona), que é gerada pela reação de um poliol derivado do óleo vegetal e um isocianato polifuncional, que age como catalisador da reação. Trata-se de um adesivo de cura a frio, podendo ser acelerada com temperatura a partir de 90°C (DIAS, 2008).

Para a fabricação dos painéis modulares foram utilizados vigas e caibros de madeira serrada do gênero *Eucalyptus*, oriunda de florestas plantadas.

4.3 Caracterização da matéria prima

Para a caracterização do bagaço de cana-de-açúcar foram determinadas propriedades físicas, anatômicas, morfológicas e químicas.

4.3.1 Caracterização física

4.3.1.1 Densidade real

A obtenção da densidade real do bagaço de cana-de-açúcar foi realizada em multipicnômetro a gás hélio, marca Quantachrome, Ultrapycnometer 1000 (Figura 3a), visando identificar a quantidade de material lenhoso contida na partícula de bagaço de cana-de-açúcar. Para a realização do ensaio, as partículas de bagaço de cana permaneceram previamente em estufa a 60°C por 24h, sendo que antes do seu acondicionamento, no porta amostra do equipamento (Figura 3b), permaneceram em dessecador para a estabilização da temperatura.

Para o cálculo da densidade foram utilizados os dados obtidos pelo equipamento e posteriormente a equação (1):

$$V_p = V_c - V_r \left(\left(\frac{P_1}{P_2} \right) - 1 \right) \quad (1)$$

Onde:

V_p = volume da amostra (cm^3);

V_c = volume do porta amostra (cm^3);

V_r = volume da referência (cm^3);

P_1 = pressão medida depois da pressurização do volume de referência (PSI);

P_2 = pressão medida depois de incluído V_c (PSI).

Figura 3 – (a) Multipicnômetro de gás hélio. (b) Detalhe do porta amostra.

Fonte: Própria autoria.

4.3.1.2 Teor de umidade

O teor de umidade das partículas de bagaço foi determinado após a permanência do material em estufa de circulação de ar forçada a 60°C por 48 h. Para a realização das análises, foram utilizados dois métodos diferentes, sendo o primeiro com determinador de umidade por infravermelho, com balança semi-analítica (0,001g) e capacidade de 160 g, da marca BEL (Figura 4a) e segundo pelo método por diferença de massa (EMBRAPA, 2010a) (Figura 4b).

Figura 4 – (a) Medidor automático de umidade. (b) Amostras em estufa a 100°C.

Fonte: Própria autoria.

4.3.2 Caracterização química

4.3.2.1 pH

A determinação do pH foi realizada seguindo a metodologia descrita por Colli et al. (2010), que consiste em secar as partículas do bagaço de cana-de-açúcar em estufa a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, até atingir peso constante. Em seguida realiza-se a pesagem de 15 g do material, que ficarão imersos em 150 ml de água destilada por 30 min, à temperatura de 22°C . Então filtra-se em vácuo 50 ml do líquido resultante, que será utilizado para determinação do pH, empregando-se um pHmetro digital.

Foram realizadas medições no extrato puro e após a adição de 1,0 ml de uma solução de hidróxido de sódio (NaOH), em concentração de 0,025 molar, até um máximo de cinco adições.

4.3.2.2 Composição química

A análise da composição química do bagaço de cana-de-açúcar determinou os teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro (FDN), lignina em detergente ácida (L. ác.), celulose (Celul.) e hemicelulose (Hemic.) presentes no bagaço de cana-de-açúcar coletado para a realização do trabalho.

A análise foi realizada no Laboratório de Nutrição da FZEA/USP e foi utilizado o método de Van Soest (1994), que permite a divisão dos constituintes das plantas em conteúdo celular (lipídios, compostos nitrogenados, gorduras, amido e outros compostos solúveis em água) e parede celular (proteína insolúvel, hemicelulose, celulose e lignina) (EMBRAPA, 2010b).

4.3.3 Caracterização microestrutural

Com o objetivo de identificar as estruturas anatômicas e morfológicas das partículas de bagaço de cana-de-açúcar, foi realizada análise de imagens por Microscopia Eletrônica de Varredura (MEV).

Para essas análises foram preparadas amostras das partículas de bagaço de cana com dimensões de até 10 mm de comprimento nas posições longitudinais e transversais, em relação ao seu comprimento, de forma que fosse possível observar a estrutura externa e interna, respectivamente, dos feixes de fibras das partículas. Para a análise foi utilizado microscópio eletrônico de varredura (Figura 5), da marca Hitachi e modelo Analytical TableTop Microscope TM3000.

Figura 5 – (a) Microscópio eletrônico de varredura. (b) Detalhe do porta amostra do microscópio.

Fonte: Própria autoria.

4.4 Confecção das chapas homogêneas de partículas

O processo de confecção das chapas de partículas aglomeradas homogêneas de alta densidade (ANSI A208.1:1999 – *Particleboard*) de bagaço de cana-de-açúcar e resina pu-mamona seguiu a metodologia definida por Sartori, et al. (2012), sendo considerada densidade nominal de 800 kg/m^3 para a confecção das mesmas.

Inicialmente o bagaço de cana-de-açúcar é levado à estufa, a uma temperatura de 60°C por 24 horas, para redução de umidade a porcentagem próxima aos 12%. Após a secagem, é peneirado em agitador de peneiras com espessura mínima de malha de 2 mm (Figura 6). As partículas de bagaço retidas nas peneiras de malhas com abertura superiores a 2 mm (Figura 6a), são levadas a um moinho de facas (Figura 7) e trituradas para obtenção de partículas com dimensão de até 8 mm. Já as partículas com dimensões inferiores a 2 mm (Figura 6b) foram descartadas, por não serem adequadas no processo de confecção das chapas homogêneas de partículas.

Figura 6 – Agitador de peneiras. (a) Partículas retidas a cima de 2 mm. (b) Partículas com granulometria inferior a 2 mm.

Fonte: Própria autoria.

Figura 7 – Moinho de facas para obtenção de partículas de até 8 mm de comprimento.

Fonte: Própria autoria.

Posteriormente, essas partículas foram introduzidas em um misturador planetário (Figura 8a) onde foi adicionado o adesivo pu-mamona, em uma proporção de 15% do peso da massa seca, visando melhor uniformidade de distribuição do adesivo nas partículas.

Após a mistura (5 min) as partículas foram introduzidas em um molde formador do colchão (Figura 8b), com dimensões de 550 x 550 mm, sendo que esse colchão formado de partículas e adesivo foi levado até a prensa termo hidráulica com aquecimento (Figura 8c), a uma pressão de 5 MPa e temperatura média de 100°C, por aproximadamente 10 min. Ao término do processo de prensagem, as chapas (Figura 8d) eram acondicionadas por 72 h, período em que ocorre a continuação do processo de cura da resina.

A utilização destes parâmetros para a confecção das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar e resina pu-mamona demonstram semelhança com os utilizados em trabalhos desenvolvidos por Fiorelli et al. (2011) e Belini et al. (2014).

Figura 8 – (a) Homogeneização da resina com partículas de bagaço no misturador planetário. (b) Formação do colchão de partículas no molde formador. (c) Colchão de partículas na prensa termo hidráulica. (d) Chapa após processo de prensagem.

Fonte: Própria autoria.

Na Tabela 3 estão apresentados todos os parâmetros referentes ao processo de confecção das chapas homogêneas de partículas.

Tabela 3 – Parâmetros de produção das chapas homogêneas de partículas.

PARÂMETRO	VALOR
Temperatura de prensagem (°C)	100
Tempo de prensagem (min)	10
Pressão de prensagem (MPa)	5
Espessura (mm)	15
Dimensões (mm)	550 x 550
Número de camadas	1
Teor de resina (%)	15
Densidade nominal (kg/cm³)	800

Fonte: Própria autoria.

Foram produzidas no total 51 chapas homogêneas de partículas, sendo 42 destinadas à montagem dos 14 painéis modulares a serem aplicados na seringa para curral de manejo de bovinos, e as restante para a realização de todos os ensaios de caracterização físico-mecânicos, microestrutural e de durabilidade.

4.4.1 Determinação do rendimento das partículas

Parte importante do processo de confecção das chapas homogêneas de partículas envolve a classificação e seleção de partículas. Com o objetivo de quantificar a porção de material descartado do processo de confecção das chapas, o bagaço coletado na usina e após seco em estufa (60°C por 48 h), foi inicialmente pesado e levado ao equipamento de classificação granulométrica (Figura 9), da marca Produtest modelo G, contendo 6 peneiras de dimensões de 500 x 500 x 100 mm, com aberturas de 0,3 a 8,0 mm, e timer automático eletromecânico ajustável de até 60 minutos.

Após o procedimento, foi determinada a massa da porção passante na peneira de 2 mm e aquela retida nas peneiras com aberturas superiores. Com esses dados, foi determinado o rendimento de partículas.

Figura 9 – Equipamento de classificação granulométrica.

Fonte: Própria autoria.

4.5 Caracterização das chapas homogêneas de partículas

A caracterização das chapas homogêneas de partículas, foi realizada por meio de análises das propriedades físico-mecânicas, obtidas em ensaios, seguindo os preceitos da norma ABNT NBR 14.810-3:2006 – *Chapas de madeira aglomerada: Métodos de ensaio*. Apesar de atualmente estar em vigência a norma ABNT NBR 14810:2013, no momento da realização desse estudo vigorava a versão de 2006.

4.5.1 Obtenção dos corpos de prova

A obtenção dos corpos de prova (CP) para a realização dos ensaios de caracterização físico-mecânica das chapas homogêneas de partículas de bagaço foi realizada com o auxílio de uma serra circular esquadrejadeira (Figura 10). De cada chapa eram retirados pelo menos metade da quantidade total dos CP necessários para a realização dos ensaios previstos, sendo necessárias de no mínimo duas chapas para a representação em um ensaio (Figura 11).

Figura 10 – Serra circular esquadrejadeira.

Fonte: Própria autoria.

Figura 11 – Esquema de obtenção dos CP na chapa (dimensões em cm).

Fonte: Própria autoria.

4.5.2 Caracterização física

Para a caracterização física das chapas homogêneas de partículas foram realizados ensaios de densidade aparente, inchamento em espessura, absorção de água e perfil de densidade.

4.5.2.1 Densidade aparente

Para a determinação da densidade aparente, foram utilizados CP com dimensões nominais de 50 x 50 mm (Figura 12), obtidos das chapas confeccionadas. Estes tiveram as dimensões, comprimento, largura e espessura determinadas com paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm. Para a determinação da massa foi utilizada balança analítica, com resolução de 0,01 g (Figura 12). O cálculo da densidade foi realizado por meio da Equação (2):

$$D = \frac{M}{V} * 1000000 \quad (2)$$

Onde:

D = densidade do CP em kg/m³;

M = massa do CP em g;

V = volume do CP em mm³.

Figura 12 – CP para densidade aparente sendo pesado em balança analítica.

Fonte: Própria autoria.

4.5.2.2 Inchamento em espessura e absorção de água

Para a obtenção do inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA), foram utilizados CP com dimensões de 25 x 25 mm e determinada a espessura com paquímetro digital, com resolução de 0,01 mm, e a massa determinada em balança analítica, com resolução de 0,01 g. Para a imersão em água por um período total de 24 h, foi utilizado recipiente com água em temperatura ambiente, de modo que todos os CP ficassem totalmente submersos (Figura 13a). Após 2 e 24 horas de imersão os CP foram retirados do recipiente, sendo removido o excesso de água com papel absorvente (Figura 13b) e determinada a espessura e a massa de cada CP novamente. O IE e AA foram determinados por meio das Equações (3) e (4), respectivamente:

$$I = \frac{E_1 - E_0}{E_0} * 100 \quad (3)$$

Onde:

I = inchamento em espessura do CP (%);

E_1 = espessura do CP após o período de imersão, em mm;

E_0 = espessura do CP antes da imersão, em mm.

$$A = \frac{M_1 - M_0}{M_0} * 100 \quad (4)$$

Onde:

A = absorção de água (%);

M_1 = peso do CP após o período de imersão, em g;

M_0 = peso do CP antes da imersão, em g.

Figura 13 – (a) CP submersos em água. (b) CP secando antes da pesagem e determinação da espessura.

Fonte: Própria autoria.

Por meio do ensaio de inchamento em espessura e absorção de água, foi realizado teste para a avaliação do produto comercial verniz marítimo como um revestimento superficial protetor (Figura 14a e Figura 14b).

O produto utilizado como revestimento é composto de resina alquídica à base de óleo vegetal semi-secativo, hidrocarbonetos alifáticos, cargas sintéticas - fosco, pigmento inorgânico e secantes organometálicos, não contendo benzeno e metais pesados. A aplicação respeitou as indicações do fabricante, sendo aplicadas três demãos de verniz, com intervalo de 12 h entre elas.

Figura 14 – (a) CP para inchamento em espessura e absorção de água revestidos. (b) CP revestidos e sem revestimento.

Fonte: Própria autoria.

4.5.2.3 Perfil de densidade

Por meio do método de densitometria de raios X foi determinado o perfil de densidade seguindo as recomendações estabelecidas por Belini et al. (2009). Foram utilizados os mesmos CP do ensaio de densidade aparente (item 4.5.2.1). Essa análise proporcionou a obtenção de quatro parâmetros de densidade: (i) densidade média, (ii) densidade máxima da face superior, (iii) densidade máxima da face inferior e (iv) densidade mínima, ao longo da sua espessura. O ensaio foi realizado no Departamento de Ciências Florestais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" (ESALQ/USP).

O perfil de densidade é considerado como uma das principais técnicas não destrutivas de análise da qualidade dos painéis (GRECON, 2011) devido à precisão, detalhamento e praticidade. A obtenção do perfil densitométrico dos painéis é análise de rotina no controle de produção, constituindo-se em importante parâmetro de avaliação da sua qualidade e aplicação dos painéis (FEENEY et al., 1996), permitindo inferências quanto às propriedades mecânicas e calibração dos ciclos de prensagem.

O perfil de densidade dos painéis, obtido por meio de metodologia não destrutiva de densitometria de raios X, permite conhecer o efeito das variáveis da fase de prensagem dos colchões de fibras para calibração dos ciclos de prensagem aplicados em linha de produção, e também, permite determinar os seguintes parâmetros:

- Densidades máximas nas faces superior e inferior: também denominada como “pico de densidade” e relacionada com as propriedades físico-mecânicas e de aplicabilidade. Os maiores valores de densidade nas faces superior e inferior dos painéis indicam maior compactação da massa de fibras nesta região.
- Densidade mínima: densidade observada na região interna do painel e relacionada com o seu desempenho (adesão interna resistência à tração perpendicular e arrancamento de parafuso topo).
- Densidade média: densidade do painel determinada através da média dos valores observados no decorrer da na espessura do painel.

4.5.3 Caracterização mecânica

A caracterização mecânica das chapas homogêneas de partículas foi realizada pelos ensaios de flexão estática, arrancamento de parafuso e dureza Janka, descritos e detalhados a seguir.

4.5.3.1 Ensaio de flexão estática

Para a determinação do módulo de ruptura (MOR) e módulo de elasticidade (MOE), foi realizado ensaio de flexão estática, em três apoios, em máquina universal de ensaios mecânicos da marca EMIC, modelo DL 30.000 (Figura 15). Foram avaliados CP de dimensões 250 x 50 mm, sendo as dimensões comprimento, largura e espessura determinadas precisamente com paquímetro digital com resolução de 0,01 mm.

Figura 15 – Máquina universal de ensaios EMIC.

Fonte: Própria autoria.

O ensaio foi conduzido posicionando os CP sobre dois apoios da máquina universal de ensaios, com vão de 220 mm (Figura 16). A velocidade de ensaio foi de 6mm/min (Tabela 2, pág. 16, NBR 14810-3 (2006)) e foi utilizada célula de carga de 5 kN.

Para a determinação do MOR e MOE, foram utilizadas as Equações (5) e (6):

$$\text{MOR} = 1,5 * \frac{(P * D)}{B * (E)^2} \quad (5)$$

Onde:

MOR = módulo de ruptura, em MPa;

P = carga de ruptura, em N;

D = distância entre apoios do aparelho, em mm;

B = largura do CP, em mm;

E = espessura, em mm.

$$MOE = \frac{(P_1 * D^3)}{d * 4 * B * (E)^3} \quad (6)$$

Onde:

MOE = módulo de elasticidade, em MPa;

P_1 = força no limite proporcional, em N;

D = distância entre apoios do aparelho, em mm;

d = deflexão, expressa em mm, correspondente à força P;

B = largura do CP, em mm;

E = espessura, em mm.

Figura 16 – (a) CP posicionado nos apoios para a realização do ensaio. (b) CP rompido após ensaio.

Fonte: Própria autoria.

4.5.3.2 Arrancamento de parafuso

Para a realização do ensaio de arrancamento de parafuso na superfície e no topo das chapas homogêneas de partículas de bagaço foi utilizada máquina universal de ensaio da marca EMIC, modelo DL 30.000 (Figura 15) com célula de carga de 1 kN, e parafusos auto-atarraxante. Foram avaliados CP com dimensões de 150 x 75 mm e 115 x 65 mm, para superfície e topo, respectivamente (Figura 17a).

Com o auxílio de uma broca, foi confeccionado um orifício passante para os CP de superfície e com profundidade de 17 mm para os de topo, centrado em relação às suas faces, funcionando como guia para a introdução dos

parafusos (Figura 17b). Os CP com os parafusos devidamente introduzidos foram posicionados na máquina para a realização do ensaio (Figura 17c e Figura 17d).

Figura 17 – (a) CP para Superfície e Topo. (b) CP com parafusos fixados. (c) Ensaio para Superfície. (d) Ensaio para Topo.

Fonte: Própria autoria.

4.5.3.3 Dureza Janka

Para a realização do ensaio de dureza Janka foi utilizada a máquina universal de ensaios da marca AMSLER, com capacidade de 250 kN (Figura 18a), e acessório com uma semiesfera com diâmetro de 11,3 mm (Figura 18b). Foram avaliados CP com dimensões de 150 x 75 mm.

O ensaio desenvolve-se acoplado o acessório com a semiesfera na máquina e posicionando o CP (Figura 19). Foram realizadas 2 penetrações a uma distância mínima de 25 mm das laterais e separando-as o suficiente para que uma penetração não ocasionasse efeito algum sobre a outra. A velocidade ajustada para a penetração da semiesfera foi de 6 mm/min.

Este ensaio tem sua importância por fornecer resultado, determinando a dureza das chapas homogêneas de partículas de bagaço utilizadas na proposta do presente trabalho, assim sendo possível realizar comparação para este parâmetro com outros materiais utilizados convencionalmente para a mesma proposta.

Figura 18 – (a) Máquina universal de ensaio AMSLER. (b) Acessório com a semiesfera para a penetração no CP.

Fonte: Própria autoria.

Figura 19 – Realização da penetração da semiesfera no CP durante ensaio.

Fonte: Própria autoria.

4.5.4 Durabilidade

Para avaliação da durabilidade das chapas homogêneas de partículas foram utilizados os testes de envelhecimento natural com exposição das amostras às intempéries naturais (sol, chuva, radiação) e, também, com exposição ao ambiente de uso (seringa de curral de manejo de bovinos). A

durabilidade do material foi avaliada após as etapas propostas e analisada como descrito a seguir.

4.5.4.1 Envelhecimento natural – exposição às intempéries

O ensaio de envelhecimento natural – exposição às intempéries foi realizado com objetivo de verificar a necessidade de proteção das chapas homogêneas de partículas contra agentes externos de degradação (Sol, chuva e radiação) e também, almejando verificar a eficiência do produto impermeabilizante verniz marítimo, como agente protetor para esse material.

Para a realização do teste foram avaliadas 40 amostras no total, com dimensões similares a dos CP utilizados no ensaio de flexão estática (item 4.5.3.1), sendo que 20 destas amostras permaneceram armazenadas para utilização como testemunhas e comparação com as outras 20 amostras submetidas ao envelhecimento natural. As amostras foram retiradas de três chapas homogêneas de partículas distintas.

Foi aplicado revestimento superficial (verniz marítimo) em 10 amostras, das que foram submetidas ao envelhecimento natural (Figura 20). A aplicação respeitou as indicações do fabricante, sendo aplicada três demãos, com intervalo de 12 h entre elas.

Figura 20 – Aplicação do revestimento superficial de verniz marítimo.

Fonte: Própria autoria.

As 20 amostras, revestidas e sem revestimento (Figura 21a), permaneceram expostas às intempéries climáticas em uma bancada com

inclinação de 45° voltada ao equador (Figura 21b) de acordo com as especificações do documento normativo ASTM D1435:2013 - *Standard Practice for Outdoor Weathering of Plastics*, localizada na Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos-FZEA/USP com coordenadas geográficas de latitude 21° 57' 33" S e longitude 47° 27' 6" O, durante o período de 18 de dezembro de 2013 a 18 de junho de 2014 (6 meses).

As amostras, após o período de exposição na bancada, foram avaliadas por meio da determinação de propriedades mecânicas, em teste de flexão estática (item 4.5.3.1) e também, pela análise colorimétrica para identificar alterações na coloração da superfície.

Figura 21 – (a) Amostras não revestidas e revestidas superficialmente. (b) Amostras expostas na bancada de envelhecimento natural.

Fonte: Própria autoria.

Para a realização da análise colorimétrica foi utilizado Espectrofotômetro, da marca Konica Minolta, modelo CM-2500d (Figura 22a). Foram realizadas 6 leituras para cada amostra, sendo determinado 3 pontos de leitura para cada face da amostra (Figura 22b), considerando as faces como exposta, que permaneceu voltada para cima e recebendo a radiação solar direta, e não exposta, para a que ficou voltada para baixo. Todas as amostras foram analisadas antes e após o período de exposição na bancada.

A avaliação da alteração de cor das amostras foi realizada utilizando o sistema CIELAB 1976, sendo a colorimetria com base nesse sistema o método mais aceito e utilizado para classificar e caracterizar madeiras e seus derivados (ATAYDE et al., 2011; COSTA et al., 2011). Foi utilizado como

padrão o iluminante de luz difusa D65, que simula a radiação solar diurna, com ângulo de observação de 10°.

Os parâmetros colorimétricos obtidos e utilizados foram: luminosidade ou claridade (L^*), que define a escala de preto e cinza entre o branco e preto, sendo atribuído ao preto absoluto o valor 0 e ao branco total o valor 100; matiz do eixo vermelho-verde (a^*), onde valores positivos e negativos podem ser atribuídos, sendo que a cor pode avermelhar ($+a^*$) ou esverdear ($-a^*$); matiz do eixo amarelo-azul (b^*), que indicam que a cor pode amarelar ($+b^*$) ou azular ($-b^*$); Saturação (C) que vai de acordo com o desvio a partir do ponto correspondente ao cinza no eixo da luminosidade (L^*) (ATAYDE et al., 2011; SILVA, 2012).

Figura 22 – (a) Espectrofotômetro para análise colorimétrica. (b) Realização da leitura em CP com revestimento.

Fonte: Própria autoria.

4.5.4.2 Aplicação das chapas homogêneas de partículas em parede lateral de fechamento de curral para manejo de bovinos

As chapas homogêneas de partículas que foram aplicadas nas paredes laterais da seringa do curral para manejo de bovinos, e ficaram sujeitas aos manejos com os bovinos, foram analisadas após o período que permaneceram em uso, com o objetivo de avaliar sua durabilidade.

No total, as chapas homogêneas de partículas permaneceram nas paredes da seringa por 73 dias, no período de 04/11/2014 a 16/01/2015, sendo neste período realizados manejos com bovinos da raça Nelore. Esse procedimento

foi adotado para testar e avaliar a eficiência de um revestimento superficial nas chapas homogêneas de partículas, para esse estudo foi avaliado o produto comercial do tipo verniz marítimo, semelhante ao descrito no item 4.5.4.1.

Para a avaliação da degradação sofrida pelas chapas homogêneas de partículas, após o período aplicado, foram utilizadas as propriedades mecânicas obtidas no ensaio de flexão estática.

Foram analisadas no total 12 chapas homogêneas de partículas, retiradas de 6 painéis modulares, sendo 3 da lateral sem o revestimento superficial e 3 da parede lateral com o revestimento superficial. Para isso foram selecionados aleatoriamente 3 painéis modulares de parede lateral e destes foram retiradas as chapas homogêneas de partículas alocadas na parte mais inferior, próxima ao solo, e as alocadas na posição central (Figura 23).

Esta decisão teve por objetivo selecionar as chapas homogêneas de partículas alocadas em regiões que potencialmente apresentem maior ação de agentes de degradação, identificando se realmente a região de locação das chapas de partículas no painel modular tem influência na durabilidade do material.

Figura 23 – Posição das chapas homogêneas de partículas selecionadas para as análises de durabilidade após aplicação.

Fonte: Própria autoria.

4.6 Painéis modulares

Foram montados dois modelos de painéis modulares para aplicação diferenciada nas paredes laterais do curral, que se diferenciaram apenas pela posição das vigas da estrutura em madeira (Figura 24), sendo que suas montagens seguiram diretrizes estabelecidas por Sartori et al. (2012), com a realização de ajustes para a adequação ao local de instalação.

A denominação para cada tipo de painel foi feita de acordo com seu tipo de aplicação e a forma de montagem da estrutura em madeira, sendo o primeiro denominado de Painel de Fechamento (PF) (Figura 24a), foi pensado para que fosse totalmente fixado e apoiado em seu comprimento e altura, nas paredes laterais da instalação de manejo para bovinos, servindo apenas como um revestimento da parede já existente. O segundo foi denominado de Painel Estrutural (PE) (Figura 24b), sendo este com fixação apenas em suas extremidades superior e inferior, fazendo o papel de uma parede independente da instalação original, para que dessa forma fosse aferido o deslocamento transversal do conjunto, durante o manejo dos animais, e também avaliar seu desempenho para tal proposta.

Figura 24 – Tipos dos painéis modulares e suas dimensões em metros. (a) Painel de Fechamento. (b) Painel Estrutural.

Fonte: Própria autoria.

Para cada painel modular foram utilizados vigas (5 x 11 cm) e caibros (5 x 5 cm) de madeira do gênero *Eucalyptus*, oriunda de floresta plantada, adquirida em madeireira do município de Pirassununga-SP, e três chapas homogêneas de partículas confeccionadas com bagaço de cana-de-açúcar e resina pu-mamona. A montagem da estrutura de madeira foi realizada por encaixes e as chapas de partículas foram fixadas por meio de parafusos (Figura 25).

Figura 25 – (a) Montagem da estrutura em madeira do painel modular. (b) Fixação das chapas de partículas na estrutura.

Fonte: Própria autoria.

Foram montados, no total, 14 painéis modulares, sendo 7 do modelo PF e 7 do modelo PE, sendo possível observar seus aspectos finais após o processo de montagem na Figura 26 e Figura 27.

Figura 26 – Painele modular de Fechamento (PF).

Fonte: Própria autoria.

Figura 27 – Painele modular Estrutural (PE).

Fonte: Própria autoria.

4.6.1 Caracterização da madeira utilizada na montagem dos painéis modulares

A madeira que foi utilizada na construção dos painéis modulares foi caracterizada com o objetivo de fornecer informação para a simulação numérica dos painéis modulares (item 4.6.3). A caracterização seguiu as recomendações do documento normativo ABNT NBR 7190:1997 – *Projeto de Estruturas de Madeira*.

Para a obtenção do MOE na flexão estática, foram confeccionados CP, com forma prismática de seção transversal quadrada de 2 cm de lado e comprimento de 50 cm (Figura 28a), para a realização do ensaio foi utilizada a máquina universal de ensaios da marca AMSLER, com capacidade de 250 kN (Figura 18a), do Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira, da EESC-USP. O CP foi posicionado sobre dois apoios com vão de 42 cm, sendo o carregamento aplicado por meio de um cutelo acoplado ao atuador, com o deslocamento sendo registrado por relógios comparadores (Figura 28b).

Figura 28 – (a) CP da madeira utilizados no ensaio. (b) CP posicionado sobre os apoios com a aplicação do carregamento.

Fonte: Própria autoria.

4.6.2 Ensaio de impacto de corpo mole

Com a finalidade de analisar o desempenho estrutural do painel modular foi realizado ensaio de impacto de corpo mole, seguindo preceitos da normativa ABNT MB-3256:1990 – *Divisórias leves internas moduladas – Verificação a resistência a impactos*. O teste de impacto de corpo mole foi realizado no Laboratório de Construção Civil do Departamento de Engenharia de Construção Civil da Escola Politécnica da Universidade de São Paulo (Poli/USP) e foram utilizados dois painéis modulares, sendo um do tipo PF e outro do PE.

Por meio deste teste foi possível verificar o comportamento do painel modular quando solicitado por impactos diretamente aplicados em sua estrutura, visando simular o impacto provocado pelo corpo de um bovino em

queda sob condições semelhantes durante manejo nas instalações com os painéis modulares, como descrito por Sartori et al. (2015).

Para a realização do teste de impacto de corpo mole, os painéis modulares foram posicionados e fixados em um pórtico com vigas ajustáveis a sua estrutura, composta de aço e concreto. O vão entre as vigas foi ajustado em 1,75 m, seguindo o comprimento total e a proposta de aplicação dos painéis modulares (Figura 29a).

Como corpo mole foi utilizado um saco de couro sintético com 35 cm de diâmetro e 90 cm de altura, que foi preenchido com uma mistura de maravalha de madeira e areia em uma proporção que completasse todo seu volume e ao mesmo tempo atingisse a massa de 40 kg. Este saco de couro foi elevado e, por meio de cabo aço, fixado a uma altura em que seu centro de massa correspondesse exatamente ao centro de massa do painel modular (Figura 29b).

Figura 29 – (a) Painel modular posicionado e fixado ao pórtico. (b) Saco de couro utilizado como corpo mole, com seu centro de massa posicionado alinhado ao do painel modular.

Fonte: Própria autoria.

O dispositivo para o registro dos deslocamentos transversais foi fixado no centro de massa dos painéis modulares, correspondente ao local de impacto do corpo mole (Figura 30a). Para o registro do deslocamento no momento do

impacto, foi posicionada uma prancheta com uma folha milimetrada, para que o lápis acoplado ao dispositivo realizasse a marcação (Figura 30b).

Figura 30 – (a) Painel modular com dispositivo para o registro dos deslocamentos transversais. (b) Dispositivo para registro do deslocamento no momento do impacto.

Fonte: Própria autoria.

Para a realização do ensaio foram adotadas diferentes alturas de liberação do corpo mole (Figura 31), sendo que cada altura corresponderia a uma intensidade de energia. Na Tabela 4 são apresentadas as alturas e as respectivas energias de impacto, considerando a massa de 40 kg do saco de couro, sendo que para cada altura de abandono em movimento pendular do corpo mole, foram realizadas duas repetições de impacto.

Figura 31 – Esquema de aplicação dos impactos do corpo mole no painel modular fixado ao pórtico, com dimensões em metros.

Fonte: Própria autoria.

Tabela 4 – Energias de impacto correspondentes à altura de abandono do corpo mole.

h (m)	E (J)
0,15	60
0,30	180
0,45	240
0,90	360
1,20	480
1,50	600

Fonte: Própria autoria.

Após cada impacto foram determinados os deslocamentos transversais instantâneo e residual e, também, foi realizada uma inspeção visual em todo o painel modular para a identificação de ocorrências como rupturas e fendilhamentos na estrutura de madeira, nas chapas de partículas de bagaço de cana e nos elementos de ligação (encaixe e parafusos).

4.6.3 Simulação numérica

A simulação numérica não-linear dinâmica do comportamento estrutural dos painéis modulares foi realizada no software Radioss V120, com integração explícita no tempo. Neste software é possível considerar todas as não linearidades (geométricas e de contato) presentes no modelo.

A simulação aferiu o comportamento dos painéis modulares (PF e PE), nas mesmas condições estabelecidas no ensaio de impacto de corpo mole (item 4.6.2). Foram utilizadas as propriedades mecânicas dos materiais constituintes dos painéis modulares (chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana e a madeira de *Eucalyptus* spp). Foi considerado um comportamento elástico-linear para esses materiais. As simulações foram feitas em um computador com processador I3 de 4 núcleos, consumindo cerca de 3 h para cada simulação.

Foram realizados ensaios com seis níveis de altura, correspondendo as alturas de abandono do saco de couro no ensaio de impacto de corpo mole, como demonstrado na Tabela 4, para os painéis modulares PF e PE.

Figura 32 – Tipos de painéis analisados. (a) PF e (b) PE.

Fonte: Própria autoria.

Para a modelagem foram considerados elementos sólidos hexaédricos para a madeira e saco de areia, elementos de casca para a chapa de partículas homogênea de bagaço de cana e elementos de barra para o cabo de aço (Figura 33).

Figura 33 – Modelamento do ensaio.

Fonte: Própria autoria.

Para as condições de contorno, os painéis modulares foram fixos (todos os graus de liberdade) nas extremidades, conforme realizado no teste de impacto de corpo mole. O cabo de aço foi fixado (somente deslocamento) na sua extremidade superior. Foi atribuída uma aceleração vertical de $9,81 \text{ m/s}^2$ correspondente à gravidade. Entre o saco de areia e o painel modular foram atribuídas condições de contato.

4.6.4 Aplicação dos painéis modulares em instalação para manejo de bovinos

Os painéis modulares foram aplicados em um curral de manejo para bovinos (Figura 34), localizado no Campus da USP de Pirassununga. A instalação possui uma estrutura em madeira (modelo convencional) e tem sido utilizada rotineiramente para a realização de manejos de bovinos de várias categorias do rebanho do Campus da USP de Pirassununga.

Figura 34 – Curral para manejo de bovinos da USP-Pirassununga.

Fonte: Própria autoria.

Os painéis modulares (PF) instalados na seringa do curral foram revestidos com verniz marítimo, seguindo o mesmo procedimento de aplicação utilizado nas chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana avaliadas no ensaio de durabilidade (4.5.4). Os painéis modulares (PE) foram aplicados sem nenhum tipo de revestimento, permitindo assim, a comparação de desempenho desses painéis após a realização dos manejos.

Os painéis modulares (PF) e (PE) foram aplicados na seringa do curral de manejo (Figura 35). A seringa tem como função aglomerar e direcionar os animais para que entrem em “fila indiana” na próxima estrutura da instalação (brete ou tronco coletivo).

Figura 35 – Seringa do curral de manejo para bovinos sem a instalação dos painéis modulares.

Fonte: Própria autoria.

Originalmente a seringa possuía uma área de 8,7 m² com capacidade para comportar 6 a 8 animais, levando em consideração as recomendações de 1 a 1,5 m²/animal de acordo com Souza (2003), Huhnke e Harp (2009) e Bicudo et al. (2002). Após a instalação dos painéis modulares houve uma redução da área da seringa para 6,5 m², conseqüentemente diminuindo a capacidade de manejo para 4 animais. Isso ocorreu, pois, os painéis modulares (PE) foram instalados distantes do fechamento original, permitindo assim avaliar seu desempenho, como painel estrutural (Figura 36).

Figura 36 – Ilustração da seringa com os painéis modulares instalados.

Fonte: Própria autoria.

A instalação dos painéis modulares iniciou com o posicionamento e alinhamento dos PE em uma das paredes laterais da seringa (Figura 37a), já que os mesmos necessitaram ficar afastados da parede da instalação e fixados apenas em suas extremidades inferior e superior. Para a fixação na parte inferior, foram usadas cantoneiras de aço feitas sob medida, que foram parafusadas nos PE e também ao piso da instalação (Figura 37b). Para a fixação na parte superior dos PE, foi utilizada uma viga de madeira de 5 x 11 cm que foi fixada e apoiada na estrutura da instalação existente, sendo que em todo seu comprimento serviu de apoio para os 7 PE que foram fixado com parafusos na mesma (Figura 38a e Figura 38b).

Figura 37 – (a) Alinhamento dos PE. (b) Fixação na parte inferior dos PE no piso da instalação com uso da cantoneira de aço.

Fonte: Própria autoria.

Figura 38 – (a) Fixação dos PE por meio de parafusos na viga. (b) Vista aérea da viga fixada nos PE.

Fonte: Própria autoria.

Na lateral oposta da seringa que os PE foram instalados, instalou-se os painéis modulares do tipo PF. Conforme mencionado no item 4.6, estes painéis foram projetados para serem utilizados totalmente apoiados, com função de fechamento e revestimento da parede original da instalação. Os PF foram apoiados à parede lateral da instalação (Figura 39a) e com a utilização de parafusos, fixados a estrutura existente (Figura 39b).

Figura 39 – (a) PF sendo posicionados e apoiados a parede lateral da seringa. (b) Fixação dos PF com parafusos.

Fonte: Própria autoria.

Com a instalação dos PF foi possível o fechamento de todas as frestas e espaços existentes na parede lateral da estrutura original da seringa (Figura 40), que é uma característica recomendada para este tipo de instalação, por não permitir que os animais enxerguem o que se passa ao seu redor e assim não se distraiam e se assustem, permitindo um manejo mais fácil e calmo.

Figura 40 – Vista posterior da instalação dos PF e detalhe para o fechamento das frestas existentes na instalação original.

Fonte: Própria autoria.

A Figura 41 ilustra a seringa do curral com os painéis modulares do tipo PE e PF instalados.

Figura 41 – Seringa com painéis modulares. (a) Vista frontal e (b) vista superior.

Fonte: Própria autoria.

4.6.5 Avaliação do desempenho estrutural dos painéis modulares aplicados na seringá

O desempenho estrutural dos painéis modulares (PE) instalados na seringá foi avaliado durante o manejo de bovinos. Como parâmetro, foi aferido o deslocamento transversal utilizando o mesmo dispositivo empregado no ensaio de impacto de corpo mole (item 4.6.2).

Foram registrados dados de deslocamento transversal durante 6 manejos de bovinos da raça Nelore, porém de diferentes categorias. Três manejos foram realizados com um grupo de 4 vacas adultas da raça Nelore, respeitando diretrizes do manejo racional (item 4.7.1). Os outros 3 manejos foram realizados seguindo a rotina de manejo do rebanho do Campus da USP-Pirassununga, sendo 2 manejos realizados com um lote de 198 novilhas da raça Nelore (Figura 42a) e o outro com um lote de 141 garrotes da raça Nelore (Figura 42b), ambos com idade de 14 meses.

Figura 42 – (a) Novilhas e (b) garrotes sendo manejados.

Fonte: Própria autoria.

Para a aferição dos deslocamentos transversais dos PE, durante o manejo de bovinos, foram instalados 4 dispositivos no centro geométrico de cada PE (Figura 43a) e o registro realizado em folhas de papel milimetrado (Figura 43b).

Figura 43 – (a) PE com dispositivos de aferição de deslocamentos transversais. (b) Folha de papel milimetrado fixada para registro dos deslocamentos transversais.

Fonte: Própria autoria.

Os painéis modulares permaneceram na seringa por 73 dias (04/11/2014 a 16/01/2015), sendo realizado neste período os manejos programados desse estudo e outros da rotina do Campus da USP-Pirassununga.

4.7 Parâmetros de comportamento de bovinos

A avaliação de parâmetros de comportamento de bovinos por meio da reatividade (escore de comportamento e tempo de saída) e temperatura de superfície corporal, foi realizada em animais manejados no curral com painéis modulares e também, no curral com estrutura convencional (Figura 34 e Figura 35). Esta etapa do trabalho foi dividida em duas fases, sendo a primeira avaliação realizada nos animais manejados em estrutura com painéis modulares e a segunda nos mesmos animais manejados na instalação convencional.

4.7.1 Manejo aplicado

Para a realização dos manejos e mensuração dos parâmetros avaliados, foram utilizadas 4 vacas adultas da raça Nelore (Figura 44), com idade média de 9 anos e peso médio de 642 kg, integrantes do rebanho de matrizes do Campus da USP-Pirassununga.

A utilização destes animais no experimento está de acordo com a legislação vigente, Lei Federal 11794, de 08 de outubro de 2008 e Lei Estadual 11977, de 25 de agosto de 2008, conforme parecer emitido pelo colegiado local do Comitê de Ética em Pesquisa da FZEA/USP.

Na Tabela 5 estão descritas as características dos animais utilizados, sendo que a quantidade de animais definidas para utilização no experimento foi determinada de acordo com a capacidade de lotação da seringa, quando com os painéis modulares instalados, como demonstrado na Figura 36 e descrito no item 4.6.4, com isso para a realização dos manejos na seringa convencional foram adicionados dois animais da mesma categoria, para que a mesma taxa de lotação de 1,5 m² por animal, fosse respeitada para os dois momentos de manejo.

Tabela 5 – Informações dos animais utilizados no experimento.

Identificação (numeração)	Idade (anos)	Peso (kg)
295	13	628
1978	8	647
2137	8	683
3301	7	609
Média	9	642

Fonte: Própria autoria.

Figura 44 – Vacas da raça Nelore utilizadas no experimento.

Fonte: Própria autoria.

Os animais permaneciam em um pasto adjacente ao curral onde foi realizado o experimento, sendo transferidos para a instalação nos dias de manejo. No total foram realizados 6 manejos, com intervalo de uma semana e com respeito ao horário de início. Os manejos seguiram padrões e recomendações para manejo racional e bem-estar de bovinos, semelhante aos indicados por Grandin (2008). Primeiramente foram realizados 3 manejos na seringa com painéis modulares (Figura 45a), posteriormente os 3 manejos na seringa convencional (Figura 45b).

Figura 45 – (a) Manejo dos bovinos na seringa com painéis modulares. (b) Manejo na seringa convencional.

Fonte: Própria autoria.

4.7.2 Avaliação da reatividade dos bovinos submetidos ao manejo com os painéis modulares e convencional

Para a mensuração e a avaliação dos parâmetros de reatividade dos bovinos submetidos ao manejo em curral convencional de madeira e modificado com painéis modulares foram considerados dois métodos distintos (escore de comportamento na seringa e o tempo de saída da seringa), seguindo metodologia descrita por Arthington et al. (2008).

Para o escore de comportamento, foi utilizada uma escala subjetiva de temperamento atribuída a cada animal ao entrar na seringa, com a avaliação realizada sempre pela mesma pessoa, onde cada animal foi observado por um período de 20 segundos, sendo assim atribuída uma nota baseada em uma escala de 5 pontos, que correspondia a um comportamento observado de acordo com a Tabela 6.

Tabela 6 – Notas e suas descrições correspondentes para escore de comportamento.

Nota	Descrição
1	Calmo
2	Movimentos ocasionais
3	Movimentos constantes com agitação ocasional
4	Movimento contínuo e agitado
5	Esforços contínuos e violentos

Fonte: Própria autoria.

Todos os animais eram conduzidos simultaneamente para dentro da seringa, sendo iniciada a contagem total de tempo (5 min.) de permanência na seringa. Durante esse tempo foi respeitado um período inicial para que os animais se adaptassem e acalmassem, sendo posteriormente realizada a avaliação de comportamento, momento que não ocorria nenhum tipo de interferência, apenas a presença da pessoa responsável em realizar a avaliação de escore de comportamento (Figura 46).

Figura 46 – Avaliação de escore de comportamento de bovinos lotados na seringa.

Fonte: Própria autoria.

Após a permanência do tempo estipulado na seringa, e com o escore de comportamento atribuído a cada animal, foi realizada mensuração do tempo de saída. Para isso, cada animal era liberado individualmente e seguia para o brete. Nesse espaço havia uma marca indicando a distância de 2 m a partir do portão de saída da seringa, sendo o momento em que a pessoa responsável pela observação e marcação do tempo de passagem do animal aferia o tempo com um cronômetro de precisão em centésimos de segundos (Figura 47).

Figura 47 – Mensuração do tempo de saída.

Fonte: Própria autoria.

4.7.3 Avaliação da temperatura de superfície corporal dos bovinos submetidos aos manejos

Para a aferição da temperatura de superfície corporal foi empregado o método da termografia de infravermelho, utilizando um termovisor da marca Testo, modelo 875-2i com sensibilidade térmica < 50 mK com câmera digital integrada (Figura 48). Essa avaliação teve como objetivo identificar possíveis alterações na temperatura corporal dos animais após as diferentes configurações de manejo, procurando identificar a influência do sistema construtivo nos animais.

Figura 48 – Termovisor de infravermelho utilizado no experimento.

Fonte: Própria autoria.

A captação das imagens termográficas, para a aferição da temperatura superficial corporal, foi realizada em dois momentos dentro de cada manejo, sendo o primeiro antes da entrada dos animais na seringa e o segundo após a entrada e passagem dos animais pela seringa. Para isso o grupo dos animais permaneceu livre em um curralete, onde foram realizadas as captações das imagens das duas laterais (Figura 49).

Como os animais estavam livres e em grupo, não foi possível respeitar a mesma distância da captação da imagem, que variou de 4 a 6 m. Esse procedimento evitou interações que causassem agitação e possíveis alterações nos animais. O termovisor foi ajustado para o coeficiente de emissividade de 0.98, valor utilizado de acordo com recomendação do fabricante para tecidos biológicos.

Figura 49 – Captura de imagens com o termosensor.

Fonte: Própria autoria.

Foram capturadas 235 imagens termográficas, sendo selecionadas 96 dos participantes dos 6 manejos realizados. Essas imagens foram avaliadas no *software* *testo IRSOft 3.4*, permitindo que apenas a imagem de melhor qualidade fosse utilizada para a realização da análise do termograma (Figura 50a) e construção do histograma de temperatura (Figura 51).

A análise do termograma foi feita pela seleção de uma região mais representativa da lateral do animal, utilizando a ferramenta de geração de histograma de temperatura por meio da seleção de uma área no formato

elíptico. Esta forma de análise foi escolhida por permitir uma maior abrangência da região do corpo do animal exposta a impactos laterais. Com essa análise foi possível obter a temperatura máxima, mínima e média de cada animal e comparações entre os manejos realizados.

Figura 50 – (a) Termograma com seleção de área em elipse para geração do histograma de calor. (b) Imagem digital do animal equivalente ao termograma.

Fonte: Própria autoria.

Figura 51 – Histograma de calor gerado pelo *software* *testo IRSof 3.4*.

Fonte: Própria autoria.

4.8 Análise de dados

4.8.1 Seleção de densidade nominal da chapa de partículas homogêneas

Para investigar as propriedades mecânicas (MOR e MOE) das chapas de partículas e definir qual a densidade mais adequada para a aplicação proposta como fechamento lateral de centro de manejo, foi utilizado o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC) em que o fator Densidade foi composto por dois níveis: 800 kg/m³ e 1000 kg/m³. Considerando que o fator em estudo é qualitativo, as diferenças entre as médias foram realizadas pelo Teste F ($p < 0,05$), uma vez apenas um único contraste foi avaliado.

4.8.2 Avaliação do revestimento superficial das chapas homogêneas de partículas

Com a densidade nominal das chapas homogêneas de partículas selecionada, foi realizado um experimento para averiguar o inchamento em espessura e absorção de água e assim a eficiência da proteção do verniz marítimo como revestimento superficial. O ensaio foi montado em esquema fatorial 2 x 2, segundo o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC), em que os fatores estudados foram Revestimento e Horas. O fator Tratamento era composto pelos níveis Revestido e Não revestido, enquanto que o fator Horas foi constituído pelos níveis 2 h e 24 h, totalizando 4 tratamentos. Para averiguar os efeitos das médias dos tratamentos foi adotado o Teste F a $p < 0,05$.

4.8.3 Durabilidade das chapas homogêneas de partículas

4.8.3.1 Propriedades mecânicas

Para testar a influência do envelhecimento natural nas propriedades mecânicas (MOR e MOE) das chapas homogêneas de partículas foi executado um ensaio segundo as premissas do Delineamento Inteiramente Casualizado

(DIC), em que o fator estudado foi Revestimento. Esse fator foi composto pelos níveis Testemunha, Revestido e Não Revestido, correspondendo a 3 tratamentos. Para avaliar as médias dos tratamentos foi empregado o Teste de Tukey a $p < 0,05$.

4.8.3.2 Propriedades colorimétricas

A fim de investigar a alteração de cor (L^* , a^* , b^* e C^*) das chapas homogêneas de partículas submetidas ao teste de envelhecimento natural, foram elaboradas duas análises, sendo a primeira com as chapas homogêneas de partículas revestidas e a segunda sem o revestimento. Ambas as análises foram organizadas em esquema fatorial 2×2 , segundo o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

As análises foram compostas pelo fator Envelhecimento, o qual era constituído pelos níveis Testemunha e Envelhecido, enquanto que o fator Face correspondeu pelos níveis Exposto e Não exposto. Por serem fatores qualitativos, as médias dos tratamentos foram avaliadas mediante o Teste F a $p < 0,05$.

4.8.3.3 Propriedades mecânicas das chapas homogêneas de partículas aplicadas na seringa

Para avaliar as propriedades mecânicas (MOR e MOE) das chapas homogêneas de partículas após o período aplicado na seringa foi montado um esquema fatorial 2×2 , segundo o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC). Os fatores estudados corresponderam a Revestimento e Posição, sendo que o fator Revestimento foi composto pelos níveis Revestido e Não Revestido, enquanto que o fator Posição foi composto pelos níveis Baixo e Meio, totalizando 4 tratamentos. Para averiguar os efeitos das médias dos tratamentos foi adotado o Teste F a $p < 0,05$.

4.8.4 Avaliação do desempenho mecânico dos painéis modulares

Com o objetivo de comparar e realizar uma discussão entre os métodos de avaliações do desempenho mecânico dos painéis modulares (impacto de corpo mole e em loco no centro de manejo), e também de validar a simulação numérica dos painéis modulares (PE e PF) foi realizado uma análise de Correlação de Pearson para investigar a presença de associação entre os dados numéricos e experimentais. Posteriormente, para testar o efeito dos coeficientes das equações simuladas, foram realizadas duas análises segundo o Delineamento Inteiramente Casualizado (DIC).

4.8.5 Parâmetros comportamentais dos bovinos

4.8.5.1 Escore de comportamento

Para avaliar o escore de comportamento dos bovinos manejados nas seringas convencional e com painéis modulares foi utilizado o teste de Razão de Verossimilhança para comparar as médias das notas (escala de 1 a 5) atribuídas a cada grupo.

4.8.5.2 Tempo de saída

Para avaliar o tempo de saída da seringa dos bovinos manejados no curral foi utilizado o Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), sendo os dias de manejo considerados blocos e composto pelo fator Fechamento, constituído pelos níveis Pannel Modular e Convencional, totalizando 2 tratamentos. Pelo fato de apresentar somente um contraste, foi adotado o teste F (ANOVA) a $p < 0,05$, para investigar o efeito das médias dos tratamentos.

4.8.5.3 Temperatura corporal superficial média

A temperatura corporal superficial média dos animais foi avaliada em esquema fatorial 2 x 2, segundo Delineamento em Blocos Casualizados (DBC)

em que os fatores estudados foram Fechamento e Momento. O fator Fechamento foi constituído pelos níveis Painele Modular e Convencional, enquanto que o fator Momento foi composto pelos níveis Antes e Depois, totalizando 4 tratamentos. Para investigar o efeito das médias dos tratamentos foi adotado o teste de Tukey a $p < 0,05$.

4.8.5.4 Temperatura corporal superficial máxima

A temperatura corporal superficial máxima dos animais foi avaliada segundo Delineamento em Blocos Casualizados (DBC), o qual foi composto pelo fator Fechamento, constituído pelos níveis Painele Modular e Convencional, totalizando assim 2 tratamentos. Os dias de manejo foram considerados blocos. Devido o experimento apresentar somente um contraste foi considerado o teste F (ANOVA) a $p < 0,05$, para investigar o efeito da média dos tratamentos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste item são apresentados os resultados e discussão das características físico-químicas e microestruturais de partículas de bagaço de cana-de-açúcar, das propriedades físico-mecânicas das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana antes e após ensaio de envelhecimento natural, do desempenho mecânico teórico e experimental dos painéis modulares e parâmetros de comportamento de bovinos manejados em curral convencional e com painéis modulares.

5.1 Rendimento das partículas de bagaço de cana-de-açúcar

O processo de quantificação do bagaço de cana-de-açúcar está apresentado na Tabela 7, onde foi dividido em porção retida e passante na peneira com abertura de 2 mm, utilizada no processo de confecção das chapas. A porção passante da peneira de 2 mm é descartada do processo, sendo que a retida foi utilizada na continuidade do processo de confecção das chapas homogêneas de partículas.

Tabela 7 – Valores para o rendimento do bagaço de cana-de-açúcar.

	Quantidade (kg)	Aproveitamento (%)
Retido	5,70	55
Passante	4,60	45
Total	10,30	100

Fonte: Própria autoria.

Como foi observado, a porção retida representada pelas partículas de dimensões maiores que 2 mm, apresentou um aproveitamento de 55% para o total dos 10,30 kg de bagaço peneirado, enquanto a porção passante de partículas com dimensões inferiores a 2 mm, apresentou 45% do total peneirado (Figura 52). A porção retida e aproveitada, para o processo de confecção das chapas representa a maior fração do bagaço de cana-de-açúcar.

Figura 52 – Gráfico de aproveitamento das partículas de bagaço de cana.

Fonte: Própria autoria.

5.2 Propriedades das partículas de bagaço de cana-de-açúcar

5.2.1 Propriedades físicas

5.2.1.1 Densidade real

A Tabela 8 apresenta valores de densidade real das partículas do bagaço de cana-de-açúcar.

Tabela 8 – Valor de densidade real do bagaço de cana-de-açúcar.

Densidade (g/cm³)	
Média	1,31 ± 0,01
C.V. (%)	1

Fonte: Própria autoria.

A densidade das partículas é utilizada para a determinação da razão de compactação, que é dada pela relação entre a densidade aparente do painel e a densidade aparente da espécie de madeira das partículas, sendo considerado valor aceitável entre 1,3 a 1,6 para que o contato entre as partículas e a ligação adesiva seja adequado. Esta relação define o grau de

densificação do material e apresenta considerável reflexo nas propriedades físicas e mecânicas dos painéis (MALONEY, 1993).

Nesse estudo, para partículas de bagaço de cana-de-açúcar, a razão de compactação foi determinada considerando a densidade real das partículas e a densidade aparente das chapas homogêneas de partículas apresentadas no item 5.4.2.1, seguindo as recomendações de Fiorelli (2013) que indica a necessidade do estabelecimento de novas faixas de razão de compactação para este tipo de material. O valor de razão de compactação determinado foi de 0,6, para as chapas homogêneas de partículas em estudo, mesmo não abrangendo a faixa estabelecida por Maloney (1993), a qualidade final do produto não foi comprometida. Essas características poderão ser observadas nos próximos itens.

5.2.1.2 Teor de umidade

O teor de umidade do bagaço de cana-de-açúcar aferido pelo determinador de umidade por infravermelho e pela diferença de massa, após a permanência do material em estufa a 60°C por 48 h, está apresentado na Tabela 9.

Tabela 9 – Valores médios de teor de umidade do bagaço de cana.

Método	Umidade (%)	C.V. (%)
Medidor automático	12 ± 7	65
Diferença de massa	9 ± 1	7

Fonte: Própria autoria.

Os valores de 12% e 9%, aferidos pelo medidor automático de umidade e pelo método da diferença de massa, apesar de diferentes, atendem as recomendações estabelecidas por Bertolini (2011), que indica valores entre 8 e 12% de umidade sendo o mais indicado para a cura dos adesivos poliuretanos. O método utilizando o medidor automático demonstrou baixa precisão na aferição do teor de umidade, pois apresentou um valor para o coeficiente de variação de 65%, considerado muito alto e evidenciando baixa homogeneidade dos dados.

Esse acréscimo de umidade nas partículas, quando se utiliza a resina poliuretana bicomponente a base de óleo de mamona como aglomerante, se deve a não inclusão de outra fonte de umidade durante o processo de confecção da chapa, quando comparado às chapas confeccionadas com outros adesivos comercialmente usados, onde se tem adição de água no processo.

A presença adequada de umidade no colchão formado por partículas e adesivo no momento da prensagem, é essencial para auxiliar na condução do calor proveniente da prensa, de forma que seja homogênea por toda a massa da chapa.

5.2.2 Propriedades químicas

5.2.2.1 pH

O valor encontrado para o pH das partículas de bagaço de cana-de-açúcar foi de 5,11, enquadrado na faixa ideal para a produção de chapas aglomeradas, de 3 a 6, conforme apresentado por Iwakiri (2005b). Este parâmetro tem relação com a colagem das partículas, que de acordo com o mesmo autor, cada tipo de adesivo é produzido com pH específico, e destinado a produzir uma determinada solubilidade, velocidade e grau de solidificação, portanto podendo ser afetado pelo pH do material a ser colado.

5.2.2.2 Composição química

Na Tabela 10 são apresentados os valores, em porcentagem na matéria seca (MS), dos constituintes matéria mineral (MM), fibra em detergente ácido (FDA), fibra em detergente neutro livre de cinzas (FDN), lignina (Lig.), celulose (Celul.) e hemicelulose (Hemic.) das partículas de bagaço de cana-de-açúcar utilizado no experimento, e também, os valores obtidos pelos autores Carvalho et al. (2006) e Ashori et al. (2009).

Tabela 10 – Porcentagem dos constituintes do bagaço de cana em sua composição química - dados experimentais e da literatura.

	Experimental	Carvalho et al. (2006)	Ashori et al. (2009)
	Composição (%)		
MS	94,49	40,11	-
MM	1,70	1,22	1,35
FDA	64,38	38,34	-
FDN	95,23	59,02	-
Lig.	10,74	7,34	20,63
Celul.	50,47	30,30	52,70
Hemic.	30,56	20,68	-

*resultados de análises expressos na matéria seca 100°C;

** MS (matéria seca); MM (matéria mineral); FDN (fibra em detergente neutro livre de cinzas); FDA (fibra em detergente ácido).

Fonte: Própria autoria.

Observa-se que os valores experimentais encontrados, quando comparados com os dados da literatura, demonstram certa variação, sendo que apenas para o parâmetro cinzas (MM) os valores foram bem próximos entre os três trabalhos. Com relação ao teor de lignina, os valores experimentais são semelhantes aos encontrados por Carvalho et al. (2006). Já, os teores de celulose são próximos aos determinados por Ashori et al. (2009).

Estas diferenças observadas entre os valores da composição do bagaço de cana-de-açúcar experimental e indicado na literatura podem ser explicadas pelo tipo metodologia empregada na determinação da composição, e também, pelas condições climáticas e de plantio, idade e parte da planta de onde são extraídas as amostras, como outros fatores relacionados ao desenvolvimento da planta (BLEDZKI; GASSAN, 1999).

5.3 Microestrutura das partículas de bagaço de cana-de-açúcar

As partículas de bagaço de cana de açúcar são provenientes do processo da moagem do caule retirado da planta, sendo que esta estrutura da planta pode ser observada na Figura 53.

Figura 53 – Representação esquemática do caule de cana-de-açúcar e suas estruturas.

Fonte: NETAFIM, 2013.

Desta forma, as partículas provenientes do bagaço utilizados no processo para a confecção das chapas homogêneas de partículas, possuem origem de qualquer parte do caule e podem conter estruturas anatômicas diferenciadas entre si, pois como pode ser observado na Figura 54. Existem estruturas como os feixes de vasos condutores (xilema e floema), parênquimas cortical e medular e epiderme, sendo que cada uma dessas estruturas apresenta características anatômicas específicas. De acordo com Arantes (2009), o material insolúvel em água do bagaço de cana-de-açúcar corresponde a 90% de sua constituição física, sendo esta fração composta por 55 a 60% de células de esclerênquima, 30 a 35% de células de parênquima e de 10 a 15% de outros componentes extrativos.

Figura 54 – (a) Caule de cana-de-açúcar em corte transversal. (b) Secção transversal de caule de monocotiledônea demonstrando organização das estruturas

Fonte: (a) Própria autoria; (b) Agrupamento de Escolas de Mirandela, 2013.

A análise das partículas de bagaço de cana-de-açúcar por meio de MEV permite realizar uma análise qualitativa de espaços vazios e poros na superfície das fibras.

Na Figura 55 é demonstrado corte transversal de uma partícula de bagaço onde é possível observar um feixe vascular de condução, já na Figura 56, tem-se a partícula em posição longitudinal, onde observa-se o arranjo de células traqueídes e suas pontoações em detalhe (Figura 56b) do caule da cana-de-açúcar. Essas estruturas, por apresentarem espaços vazios, contribuem com a dispersão da resina e consequentemente com a melhora da adesão entre as partículas.

Figura 55 – Corte transversal de feixe vascular de partícula de bagaço de cana em aumentos de 250X (a) e 500X (b).

Fonte: Própria autoria.

Figura 56 – Feixe de fibras de partícula de bagaço de cana em posição longitudinal em aumentos de 500X (a) e detalhe das pontoações dos traqueídes em aumento de 2000X (b)

Fonte: Própria autoria.

Na Figura 57 é possível observar uma partícula retirada da região da epiderme do caule de cana-de-açúcar, sendo visualizado a presença de cera e de corpos siliciosos (Figura 57b) presentes no tecido de revestimento do caule da planta. Esta observação ajuda a explicar o resultado para matéria mineral, demonstrado no item 5.2.2.2, devido a presença de sílica encontrada nestes tecidos de revestimento.

Figura 57 – (a) Feixe de fibra pertencente a epiderme (tecido de revestimento) apresentando cera e corpos siliciosos em aumento de 150X. (b) Detalhe na camada de cera de revestimento e na presença dos corpos siliciosos em aumento de 1000X.

Fonte: Própria autoria.

A Figura 58 apresenta células de parênquima, em vista longitudinal da partícula de bagaço de cana-de-açúcar. Segundo Botaro (1996), essas células estão localizadas, principalmente, na região interna do talo da planta, onde encontra-se a medula que é formada por células parenquimáticas que não apresentam características de fibras e constituem aproximadamente 30% do bagaço em peso. Por serem células de reserva, apresentam grandes espaços vazios em seu lúmen, contribuindo com a dispersão da resina.

Figura 58 – Feixe de células de parênquima da partícula de bagaço de cana em posição longitudinal em aumentos de 80X (a) e 500X (b).

Fonte: Própria autoria.

5.4 Propriedades das chapas homogêneas de partículas

Esse item apresenta resultados do experimento preliminar para definição da densidade nominal a ser utilizada no estudo (1000 ou 800 kg/m³), resultados das propriedades físico-mecânicas das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar antes e após ensaio de envelhecimento natural, e também, comparação dessas propriedades com as recomendações dos documentos normativos nacional e internacional. Na Tabela 11 são apresentadas todas as variáveis analisadas, com números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX.).

Tabela 11 – Variáveis analisadas e seus respectivos números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX) referente as propriedades físico-mecânicas, colorimétricas e de durabilidade das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana.

VARIÁVEL	N	MÉDIA	D.P.	C.V.	MÍN.	MÁX.
MOR 1000 x 800	23	23,18	3,69	15	15,31	28,71
MOE 1000 x 800	23	1952	345	18	1357	2491
Espessura 1000 x 800	20	18,44	1,44	8	16,88	20,56
MOR	47	25,43	3,34	13	17,37	31,72
MOE	47	2267	264	12	1522	2696
IA	96	8,8	6,6	76	0	23,2
AA	96	17,0	13,1	77	0	49,0
Env. Natural MOR	40	23,04	3,94	17	15,01	29,98
Env. Natural MOE	40	1926	391,60	20	1150	2614
Aplicado MOR	120	23	4,42	19	14,67	33,56
Aplicado MOE	120	1854	410,34	22	1195	2984
Color. Rev. L*	111	53,79	6,59	12	35,59	66,32
Color. Rev. a*	111	7,11	1,74	24	2,04	11,18
Color. Rev. b*	111	27,00	4,83	18	10,02	38,91
Color. Rev. C*	111	27,99	4,89	17	10,27	39,96
Color. Não Rev. L*	114	56,33	9,85	17	37,86	70,23
Color. Não Rev. a*	114	5,27	1,61	31	2,43	8,95
Color. Não Rev. b*	114	18,92	6,69	35	6,12	29,89
Color. Não Rev. C*	114	19,66	6,83	35	6,59	31,20

Fonte: Própria autoria.

5.4.1 Propriedades mecânicas do experimento preliminar para definição da densidade nominal das chapas homogêneas de partículas

A Tabela 12 apresenta valores médios de MOR, MOE e espessura para as chapas homogêneas de partículas com densidades nominais de 1000 e 800 kg/m³. Visualiza-se que as chapas com densidade nominal de 1000 kg/m³ apresentaram valores médios inferiores para as propriedades mecânicas avaliadas (MOR e MOE), sendo que também apresentaram para a variável espessura, um valor médio superior em relação às de 800 kg/m³.

De acordo com Fonseca e Martins (1996), variações de até 15% (C.V.) são consideradas de baixa dispersão. Com base nessa premissa é possível afirmar

que as variáveis experimentais exibiram baixa dispersão dos dados, o que é importante para proporcionar confiabilidade na análise inferencial.

Tabela 12 – Valores médios de propriedades físico-mecânicas de chapas com diferentes densidades.

	Tratamentos	
	1000	800
MOR (MPa)	21,26 ± 3,04 b	25,68 ± 2,93 a
MOE (MPa)	1711 ± 242 b	2265 ± 143 a
Espessura (mm)	19,82 ± 0,42 a	17,07 ± 0,22 b

Médias seguidas por diferentes letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de F ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

A análise estatística para as chapas homogêneas de partículas com diferentes densidades demonstrou que para as variáveis estudadas foram constatadas significância, desta forma, constatando a existência de efeito de tratamento. Na Tabela 12 nota-se que valores médios experimentais, para as propriedades mecânicas (MOR e MOE), foram significativamente superiores para as chapas homogêneas de partículas com densidade de 800 kg/m³. A hipótese que justifica este comportamento pode estar atrelada a expansão em espessura das chapas com densidade de 1000 kg/m³ (Figura 59), que foi significativamente superior quando comparada com chapas de 800 kg/m³.

Este fato ocorreu provavelmente em função da maior quantidade de massa de bagaço empregada para a formação do colchão, criando tensões liberadas após o término da prensagem, e consequentemente proporcionando uma baixa adesão entre as partículas e uma queda na densidade aparente das chapas homogêneas de partículas.

Figura 59 – CP de chapas de 800 kg/m³ (a) e 1000 kg/m³ (b).

Fonte: Própria autoria.

A norma brasileira NBR 14810-2:2006, para chapas com espessuras entre 14 e 20 mm, estipula valor para MOR de 16 MPa e a norma internacional ANSI A208.1:1999, para chapas de classificação H-1, valor de 16,5 MPa. As chapas homogêneas de partículas, para as densidades nominais de 1000 e 800 kg/m³ apresentaram valores acima do estipulado pelos documentos normativos, com valores de 21,26 e 25,68 MPa, respectivamente.

Com relação ao MOE, a norma internacional ANSI A208.1:1999, para chapas de classificação H-1, estipula valor de 2400 MPa. Portanto as chapas homogêneas de partículas, para as densidades nominais de 1000 e 800 kg/m³ não atenderam ao requisito mínimo estipulado pela norma, apresentando valores de 1711 e 2265 MPa, respectivamente.

Os resultados apresentados permitem indicar que as chapas com densidade nominal 800 kg/m³ são mais adequadas para aplicação como fechamento lateral de curral para bovinos de corte.

5.4.2 Propriedades físicas das chapas homogêneas de partículas

Esse item apresenta resultados de propriedades físicas das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar com densidade nominal de 800 kg/m³ (densidade aparente, inchamento em espessura, absorção de água) sem e com revestimento superficial de verniz marítimo.

5.4.2.1 Densidade aparente, inchamento em espessura e absorção de água

Na Tabela 13 estão apresentados os valores para densidade aparente, inchamento em espessura e absorção de água das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana com densidade nominal de 800 kg/m^3 .

Tabela 13 – Valores médios de propriedades físicas das chapas homogêneas de partículas.

	Densidade aparente (kg/m^3)	Inchamento em espessura (%)		Absorção de água (%)	
		2 h	24 h	2 h	24 h
Média	742 ± 50	7 ± 1	18 ± 3	13 ± 2	43 ± 8
C.V. (%)	7	21	14	19	18

Fonte: Própria autoria.

Com relação à densidade aparente, o valor médio de 742 kg/m^3 ficou abaixo da densidade nominal calculada (800 kg/m^3) e não atingiu o valor para classificação das chapas homogêneas de partículas como de alta densidade (ANSI A208.1:1999 estipula valores acima de 800 kg/m^3). Pela classificação da norma NBR 14810-2:2006, a chapa em estudo pode ser classificada como de média densidade (551 a 750 kg/m^3). Essa variação na densidade pode ser explicada pelas perdas de material ocorridas no processo de confecção das chapas ou devido à expansão em espessura das chapas após a prensagem, que acarreta no aumento da porosidade e na redução da densidade do material.

Para inchamento em espessura (2 h), a norma brasileira NBR 14810-2:2006, para chapas com espessuras entre 14 e 20 mm, estipula valor máximo de 8%. Com isso, as chapas homogêneas de partículas ficaram dentro do estipulado pelo documento normativo, apresentando valor de 7% para esta propriedade física.

5.4.2.2 Avaliação da eficiência do revestimento superficial

A realização da avaliação do desempenho do revestimento superficial de verniz marítimo, foi realizada pelo ensaio de inchamento em espessura e absorção de água. Foram avaliadas 96 amostras (revestidas e sem revestimento). Os valores médios para inchamento em espessura e absorção de água (2h e 24h), para as amostras revestidas e sem revestimento, estão apresentados na Figura 60.

Observando os valores médios para o inchamento em espessura e absorção de água de amostras com revestimento superficial, é possível observar, que as amostras revestidas apresentaram menores valores para essas propriedades físicas, quando comparadas com amostras sem revestimento.

Quando avaliado o inchamento em espessura e absorção de água em relação às horas de ensaio, fica evidente que após o maior período de tempo de exposição à água, os valores para as duas propriedades físicas apresentam considerável aumento, sendo que os valores mais altos são observados para as 24 h.

Nas Figura 61 e Figura 62 é possível uma visualização dos resultados para inchamento em espessura e absorção de água em função do revestimento e do tempo de imersão em água, respectivamente.

Figura 60 – Valores médios de inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA) para amostras revestidas e sem revestimento.

Figura 61 – Valores médios de inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA) em função do revestimento.

Figura 62 – Valores médios de inchamento em espessura (IE) e absorção de água (AA) em função das horas.

Fonte: Própria autoria.

As análises estatísticas para o inchamento em espessura e para absorção de água, das amostras revestidas e sem revestimento, foi realizada em função do revestimento e do fator tempo de imersão na água, sendo seus resultados apresentados na Tabela 14 e Tabela 15.

Tabela 14 – Valores médios de inchamento em espessura em função do revestimento e horas.

	2 h	24 h	Média geral
Revestidas	0,7 ± 1,1	10,6 ± 4,4	5,7 B
Sem revestimento	6,6 ± 1,7	17,0 ± 3,5	11,8 A
Média geral	3,7 b	13,8 a	

Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

Tabela 15 – Valores médios de absorção de água em função do revestimento e horas.

	2 h	24 h	Média geral
Revestidas	1,3 ± 1,4	18,7 ± 8,81	10,0 B
Sem revestimento	13,6 ± 3,8	34,3 ± 6,5	23,9 A
Média geral	7,4 b	26,5 a	

Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

Tanto para o inchamento em espessura quanto para a absorção de água, não foi constatada interação entre os fatores analisados revestimento e tempo de imersão em água, com as duas propriedades físicas apresentando comportamento semelhante. Foi constatada diferença significativa para os valores médios das duas propriedades físicas, entre as amostras revestidas e sem revestimento, sendo que as revestidas apresentaram valor médio significativamente inferior para esta propriedade. O mesmo ocorreu para o tempo de imersão em água, com valor médio significativamente inferior para as amostras com tempo de 2 h de imersão em água.

Portanto, com base nos resultados apresentados quanto a eficiência do verniz marítimo como revestimento superficial para as chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana, pode-se afirmar e concluir que o revestimento foi eficiente quanto ao seu propósito de reduzir significativamente a absorção de água e consequentemente o inchamento nas chapas homogêneas de partículas, sendo que o prolongamento do tempo de exposição e contato com a água tende a aumentar consideravelmente esses valores.

5.4.2.3 Perfil de densidade

Os resultados obtidos na análise de densitometria de raios X, das amostras das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana são apresentados na Tabela 16, sendo composta pelos valores para densidade média, densidade máxima da face superior, densidade máxima da face inferior e densidade mínima ao longo da espessura.

Para a densidade média foi encontrado valor médio de 703,47 kg/m³, sendo que este valor ficou abaixo da densidade nominal de 800 kg/m³ estabelecida para a confecção das chapas, comportamento semelhante ao observado para a densidade aparente descrita no item 5.4.2.1. Ao analisar o valor médio, se obtém um coeficiente de variação de 9% que pode ser considerado um valor baixo, demonstrando a existência de homogeneidade entre as amostras analisadas e consequentemente, uma homogeneidade para os valores de densidade média da chapa estudada.

Tabela 16 – Valor médio, máximo e mínimo de perfil de densidade.

Amostra	Densidade média (kg/m³)	Dens. máx. da face superior (kg/m³)	Dens. máx. da face inferior (kg/m³)	Dens. mín. ao longo da espessura (kg/m³)
1	755,98 ± 81,22	818,08	805,16	140,74
2	755,87 ± 37,16	747,83	818,61	315,61
3	684,48 ± 42,73	724,04	750,34	233,63
4	744,87 ± 38,34	751,85	807,61	347,96
5	721,38 ± 33,54	739,36	786,13	350,04
6	738,69 ± 44,71	742,75	809,54	263,84
7	654,71 ± 54,21	660,32	692,32	166,86
8	655,66 ± 30,70	666,06	701,15	411,89
9	687,16 ± 51,26	692,33	862,95	364,10
10	634,26 ± 26,58	670,87	660,61	406,06
Média Geral	703,47 ± 60,54	721,35 ± 49,38	769,44 ± 65,49	300,07 ± 95,29
C.V. (%)	9	7	9	32

Fonte: Própria autoria.

Na Figura 63 são apresentados exemplos de perfis de densidade resultantes de chapas com problemas ocorridos na etapa de prensagem (BELINI; TOMAZELLO FILHO; CHAGAS, 2009), e as Figura 64 e Figura 65, ilustram o perfil de densidade médio ao longo da espessura das amostras de 1 a 5 e 6 a 10 avaliadas nesse estudo. Pode-se observar, pelos perfis de densidade das amostras analisadas, que a condição de prensagem utilizada nesse estudo foi efetiva e apresentou um comportamento considerado normal para este tipo de chapa homogênea, com uma homogeneidade de distribuição da densidade por toda a espessura das amostras. Os gráficos dos perfis de densidade para as 10 amostras analisadas, estão apresentados no Apêndice A.

Figura 63 – Perfis de densidade resultantes de alterações na etapa de prensagem. (A) aquecimento ou pressão desigual nas superfícies da chapa; (B) baixas pressões durante prensagem e/ou baixa umidade do colchão de partículas; (C) baixa velocidade de prensagem; (D) alta velocidade de prensagem.

Fonte: BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P. Densitometria de raios X aplicada na avaliação tecnológica de painéis MDF de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v.37, n.84, p.343-350, 2009.

Figura 64 – Perfil de densidade médio correspondente as amostras de 1 a 5.

Fonte: Própria autoria.

Figura 65 – Perfil de densidade médio correspondente as amostras de 6 a 10.

Fonte: Própria autoria.

Com base nos resultados obtidos para o perfil de densidade das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana, pode-se classificar o material como sendo homogêneo e também, afirmar que as condições no momento da confecção das chapas foram adequadas, principalmente quanto a formação do colchão de partículas e a condição de prensagem.

5.4.3 Propriedades mecânicas das chapas homogêneas de partículas

5.4.3.1 Arrancamento de parafuso e dureza Janka

A Tabela 17 apresenta os valores médios obtidos para as propriedades mecânicas de arrancamento de parafuso e dureza Janka das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana com densidade nominal de 800 kg/m³.

Tabela 17 – Valores médios de arrancamento de parafuso e dureza Janka.

	Arrancamento de parafuso (N)		Dureza Janka (N)	
	Superfície	Topo	Superfície A	Superfície B
Média Geral	1978 ± 235	742 ± 213	4900 ± 1078	5000 ± 1142
C.V. (%)	12	29	23	21

Fonte: Própria autoria.

A norma brasileira NBR 14810-2:2006 estipula valores para arrancamento de parafuso de superfície e de topo, para chapas com espessuras entre 14 e 20 mm, de 1020 N e 800 N, respectivamente. Os valores médios para arrancamento de parafuso de superfície e de topo, das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana foram de 1978 N e 742 N, respectivamente, observando assim que apenas para o arrancamento de parafuso de topo não se atingiu os requisitos dessa norma, apesar de ficar muito próximo ao valor estipulado. Esse teste foi realizado com o objetivo de avaliar o comportamento das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana em relação ao parafusamento, que será realizado na etapa de montagem dos painéis modulares.

Para dureza, considerando os valores de ambas as faces, foi obtido um valor médio de 4950 N. De acordo com as indicações da norma internacional ANSI A208.1:1999, para chapas de classificação H-1, o valor experimental obtido está acima do estipulado por esse documento normativo (2225 N). A avaliação desta propriedade é importante, uma vez que a proposta de aplicação das chapas homogêneas de bagaço de cana como fechamento lateral de centro de manejo, expõe o material em estudo a esforços pontuais (do tipo perfurante), provocados pelos animais. Vale salientar que as chapas em estudo apresentaram uma dureza inferior às da madeira, material utilizado comumente para fechamento lateral de centro de manejo de bovinos. Rocco Lahr et al. (2010) apresentaram valores de dureza perpendicular as fibras para Angelim Vermelho de 13700 N.

Este resultado vai de acordo com a hipótese de que as chapas homogêneas de partículas de bagaço poderiam contribuir com a diminuição de possíveis injúrias ou maior desconforto aos animais quando manejados no curral e em contato direto com as paredes laterais, por apresentar menor dureza que as madeiras convencionais, podendo reduzir injúrias observadas na carcaça dos animais quando abatidos.

5.4.4 Durabilidade

As amostras das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana, submetidas ao teste de envelhecimento natural por 6 meses, apresentaram alteração no aspecto da superfície, após o período de exposição. É possível observar na Figura 66 a evolução destas alterações ao se comparar amostras antes da exposição (Figura 66a e Figura 66b) e após 6 meses de envelhecimento natural (Figura 66c e Figura 66d).

É possível observar uma alteração visual mais acentuada nas faces expostas das amostras sem o revestimento superficial com o verniz marítimo, onde nota-se um escurecimento e alteração no padrão de cor mais evidente do material, do que em relação às amostras revestidas. No Apêndice B estão as imagens das amostras, representando a alteração visual para cada mês observado no teste de envelhecimento natural.

Figura 66 – Amostras ao primeiro dia de envelhecimento natural, revestidas (a) e sem revestimento (b) e após 6 meses de envelhecimento natural (c e d).

Fonte: Própria autoria.

5.4.4.1 Propriedades mecânicas após envelhecimento natural

A Tabela 18 apresenta valores médios de MOR e MOE de 20 amostras de chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana (revestidas e sem revestimento superficial) antes e após o ensaio de envelhecimento natural.

Tabela 18 – Análise estatística das propriedades mecânicas das amostras submetidas ao teste de envelhecimento natural em função do revestimento superficial.

Tratamento	MOR	MOE
Sem revestimento	19,26 ± 2,87 B	1426 ± 180 B
Revestidas	23,97 ± 3,13 A	2002 ± 215 A
Testemunha	24,45 ± 3,90 A	2139 ± 332 A

Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na coluna diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

A análise estatística demonstrou um comportamento semelhante para ambas as propriedades mecânicas (MOR e MOE) após o período de exposição (6 meses de envelhecimento natural). Nota-se que as amostras sem revestimento apresentaram redução significativa, quando comparadas as amostras testemunhas e revestidas.

Esse resultado demonstra a eficiência do revestimento superficial (verniz marítimo) e justifica a necessidade de sua aplicação, principalmente em chapas de partículas de bagaço em condições de exposição similar as do envelhecimento natural.

5.4.4.2 Propriedades colorimétricas após envelhecimento natural

A Figura 67 apresenta os valores médios para os parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e C^*) das faces das amostras sem revestimento antes e após o teste de envelhecimento natural. Quando se avalia os parâmetros colorimétricos das duas faces para o grupo testemunha, são observados valores muito próximos e uma característica semelhante no comportamento destes parâmetros, indicando uniformidade na característica de cor de ambas as faces, antes do teste de envelhecimento natural. Porém, após o período de exposição ao envelhecimento natural, este comportamento dos parâmetros colorimétricos foi alterado, tanto quanto com relação ao grupo testemunha e os envelhecidos, assim como entre as duas diferentes posições das faces.

Ao avaliar o comportamento do parâmetro luminosidade (L^*) para cada face, após o teste de envelhecimento natural, nota-se uma diminuição deste

parâmetro com relação às testemunhas. Essa diminuição foi mais acentuada para a face exposta das amostras, correspondendo a uma queda de 35% contra 10% de diminuição na luminosidade para a face não exposta.

Com relação ao parâmetro matiz do eixo vermelho-verde (a^*) ao observamos cada face após o teste de envelhecimento natural, é notado um comportamento diferente entre as mesmas. Enquanto a face exposta apresentou uma diminuição de 34% no nível de vermelho, a face não exposta apresentou um tom mais avermelhado com um aumento no nível de vermelho de 50%.

O parâmetro matiz do eixo amarelo-azul (b^*) demonstra diferente comportamento entre as faces após o teste de envelhecimento natural. A face exposta demonstrou uma diminuição no nível de amarelo de aproximadamente 55%, já a face não exposta apresentou um aumento no tom de amarelo de aproximadamente 35%.

Para o parâmetro saturação (C) também foi observado o mesmo comportamento de diferença entre as faces após o teste de envelhecimento natural. Sendo que para a face exposta houve uma redução em 54% no nível de saturação, enquanto para a face não exposta ocorreu um aumento de 36%.

Figura 67 – Parâmetros colorimétricos das amostras sem revestimento, antes e após o teste de envelhecimento natural, e de suas faces.

Fonte: Própria autoria.

Os valores médios para os parâmetros colorimétricos das amostras revestidas e de suas faces, antes e após o teste de envelhecimento natural, são

apresentados na Figura 68. Avaliando os parâmetros colorimétricos das duas faces para o grupo testemunha, é observado o mesmo comportamento que nas amostras sem revestimento, anteriormente descrito, onde valores e característica semelhantes foram observadas no comportamento dos parâmetros colorimétrico avaliados, indicando também uniformidade na característica de cor de ambas as faces, antes do teste de envelhecimento natural. Após o período de exposição ao envelhecimento natural os parâmetros colorimétricos alteraram-se, com relação ao grupo testemunha e os envelhecidos, assim como entre as duas diferentes posições das faces, da mesma forma que constatado também anteriormente para as amostras sem revestimento.

Para o parâmetro luminosidade (L^*) foi observado um comportamento diferente entre as faces após o teste de envelhecimento natural, ocorrendo uma diminuição no valor deste parâmetro com relação às testemunhas para a face exposta com redução em 25%, já para a face não exposta foi observado um aumento na luminosidade em aproximadamente 1%.

O parâmetro matiz do eixo vermelho-verde (a^*) apresentou um aumento no nível de vermelho para ambas as faces após o teste de envelhecimento natural, com 17% e 27% de aumento para as faces exposta e não exposta, respectivamente.

Para o parâmetro matiz do eixo amarelo-azul (b^*) houve diferença no comportamento entre as faces após o teste de envelhecimento natural. A face exposta apresentou uma diminuição no nível de amarelo de 23%, enquanto que para a face não exposta ocorreu um aumento no tom de amarelo de aproximadamente 12%.

Com relação ao parâmetro saturação (C) foi observado o diferente comportamento entre as faces após o teste de envelhecimento natural, sendo que para a face exposta obteve-se uma diminuição no nível de saturação de 20%, mas para a face exposta foi demonstrado um aumento após o período de envelhecimento natural em aproximadamente 12%.

Figura 68 – Parâmetros colorimétricos das amostras revestidas, antes e após o teste de envelhecimento natural, e de suas faces.

Fonte: Própria autoria.

De maneira geral, tanto as amostras revestidas quanto as sem revestimento sofreram alteração nos parâmetros de cor, após o teste de envelhecimento natural. As maiores variações foram observadas nas faces expostas, sendo especificamente para as amostras sem revestimento com a face exposta observada a maior variação nos parâmetros de cor, ocorrendo um escurecimento da amostra com redução de 35% na luminosidade (L^*), diminuição no nível de vermelho (a^*) e de amarelo (b^*) em 34% e de 55%, respectivamente, e redução na saturação (C) em 54%.

Assim como constatado anteriormente, para as propriedades mecânicas das amostras após o envelhecimento natural, o revestimento superficial forneceu benefícios quanto a alteração de cor, pois as amostras revestidas após o envelhecimento apresentaram as menores variações nos parâmetros colorimétricos, quando comparadas com suas amostras testemunhas. A Figura 69 apresentada as amostras sem revestimento e revestidas, antes do teste de envelhecimento natural e também as amostras após o período de envelhecimento, sendo possível visualizar a alteração de cor apresentada pelas amostras. Na Figura 70 são apresentados exemplos de amostras para demonstrar a diferença visual entre as faces expostas e não exposta.

Figura 69 – Amostras sem revestimento, antes (a) e após (c) o envelhecimento, e revestidas antes (b) e após (d) o envelhecimento.

Fonte: Própria autoria.

Figura 70 – Faces exposta (a) e não exposta (b) das amostras revestidas, e exposta (c) e não exposta (d) das amostras não revestidas, submetidas ao teste de envelhecimento natural.

Fonte: Própria autoria.

A análise da alteração na cor das 10 amostras sem revestimento e das 10 revestidas, foi realizada em função da exposição e não exposição ao teste de envelhecimento natural, e também, ao fator da posição da face exposta na bancada, com o propósito de avaliar se os parâmetros colorimétricos (L^* , a^* , b^* e C) são influenciados pelos dois fatores envolvidos (envelhecimento e posição da face), sendo seus resultados apresentados na Tabela 19 e Tabela 20.

Tabela 19 – Análise estatística dos parâmetros colorimétricos das amostras sem revestimento submetidas ao teste de envelhecimento natural em função do envelhecimento e da posição da face.

		Exposta	Não exposta	Média geral
Testemunha	L*	63,33 ± 2,97 A a	64,39 ± 2,74 A a	-
	a*	5,22 ± 0,62 A a	4,97 ± 0,68 B a	-
	b*	20,11 ± 0,80 A a	20,03 ± 0,64 B a	-
	C*	20,78 ± 0,78 A a	20,64 ± 0,74 B a	-
Envelhecido	L*	40,98 ± 1,77 B b	57,95 ± 2,51 B a	-
	a*	3,46 ± 0,67 B b	7,47 ± 0,75 A a	-
	b*	9,01 ± 1,58 B b	26,98 ± 1,44 A a	-
	C*	9,65 ± 1,70 B b	28,00 ± 1,54 A a	-

Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Própria autoria.

Tabela 20 – Análise estatística dos parâmetros colorimétricos das amostras revestidas submetidas ao teste de envelhecimento natural em função do envelhecimento e da posição da face.

		Exposta	Não exposta	Média geral
Testemunha	L*	57,31 ± 2,02 A a	57,05 ± 1,99 A a	-
	a*	6,31 ± 1,38	6,45 ± 0,98	6,38 A
	b*	27,46 ± 2,39 A a	27,99 ± 2,32 B a	-
	C*	28,19 ± 2,56 A a	28,85 ± 2,20 B a	-
Envelhecido	L*	43,21 ± 2,95 B b	57,69 ± 2,24 A a	-
	a*	7,39 ± 2,45	8,21 ± 1,06	7,80 B
	b*	21,14 ± 4,75 B b	31,31 ± 2,17 A a	-
	C*	22,41 ± 5,25 B b	32,38 ± 2,21 A a	-

Médias seguidas por diferentes letras maiúscula na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste de Tukey (p<0,05).

Fonte: Própria autoria.

Para as amostras sem revestimento, ao analisar o fator envelhecimento, entre as amostras testemunhas e as envelhecidas, a análise estatística apresentou diferença significativa para todos os parâmetros colorimétricos avaliados, tanto para a face exposta quanto para a não exposta. Desta forma, demonstra que a exposição ao envelhecimento natural realmente causou alteração no padrão de cor nas amostras das chapas aglomeradas de bagaço de cana sem revestimento superficial.

Quando é analisado o fator posição da face, para as amostras testemunhas, não houve diferença significativa para os parâmetros colorimétricos entre as duas faces, sendo este resultado esperado, pois demonstra que as faces eram semelhantes e homogêneas, antes do teste de envelhecimento natural. Porém, após a exposição ao teste de envelhecimento natural, todos os parâmetros colorimétricos apresentaram diferença significativa entre as faces, comprovando que face exposta apresenta maior alteração na cor do que a face não exposta.

Com relação às amostras revestidas, a análise estatística demonstrou comportamento diferente do encontrado anteriormente e descrito para as amostras sem revestimento.

Apenas para o parâmetro matiz do eixo vermelho-verde (a^*) não foi detectada interação entre os fatores estudados (envelhecimento e posição da face), sendo utilizadas suas médias gerais para comparação entre as amostras testemunhas e envelhecidas, que demonstrou serem significativamente diferentes, indicando alteração para esse parâmetro após o teste de envelhecimento.

Ao analisar o fator envelhecimento, as amostras testemunhas apresentaram diferença significativa para todos os outros parâmetros quando analisados para a face exposta, demonstrando que houve alteração destes parâmetros após o teste de envelhecimento. Para o envelhecimento, nas amostras com a face não exposta, apenas o parâmetro luminosidade (L^*) não apresentou diferença significativa, portanto, não houve alteração no nível de luminosidade apenas para essa face das amostras. De maneira geral, a face exposta novamente demonstrou ter sido mais afetada pela exposição ao teste de envelhecimento natural, com relação à alteração de cor, sendo que para a face não exposta apenas um parâmetro manteve-se inalterado.

Para o fator posição da face das amostras testemunhas, a análise estatística mostrou que não houve diferença significativa entre os parâmetros colorimétricos das faces, comprovando que as faces eram semelhantes e que a aplicação do revestimento superficial foi homogênea, mantendo o padrão de cor para as amostras antes do teste de envelhecimento natural. Mas após o período de envelhecimento natural, esse comportamento se alterou e todos os

parâmetros colorimétricos apresentaram diferença significativa, indicando novamente que a face exposta sofreu maior alteração na cor.

Com o estudo da alteração de cor das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana após o envelhecimento natural, conclui-se que quando o material exposto diretamente à radiação solar e a chuva direta a degradação torna-se mais acentuada, apresentando alterações nos parâmetros colorimétricos evidentes quando comparado com a porção não exposta diretamente a tais agentes, e também que o revestimento superficial do material não apresentou efeito quanto a alteração de cor com relação a porção exposta e não exposta após o envelhecimento natural.

5.4.4.3 Propriedades mecânicas após aplicação em curral para manejo de bovinos

Os valores médios de MOR e MOE, de 120 amostras provenientes de 12 chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana dos painéis modulares após sua aplicação como parede lateral da seringa para bovinos, revestidas e sem revestimento da posição (baixo e meio) da parede lateral da seringa estão apresentadas na Figura 71.

Ao avaliar as propriedades mecânicas com relação ao revestimento superficial, fica evidenciado maiores valores de MOR e MOE para as chapas revestidas quando comparada com as sem revestimento, para ambas as posições de instalação na seringa. Para o MOR o valor da média entre chapas revestidas das duas posições foi de 25,06 MPa e para as chapas sem revestimento 21,79 MPa, representando um valor aproximadamente 13% superior. Ao avaliar o MOE, foi observado o mesmo comportamento encontrado para o MOR, nesta propriedade as chapas revestidas apresentaram valor médio de 2021 MPa e as chapas sem revestimento 1687 MPa, diferença de 17% para essa propriedade mecânica, para as chapas com o revestimento superficial.

Quando se avalia as propriedades mecânicas em relação a posição que as chapas permaneceram aplicadas na lateral da seringa, nota-se que a posição influenciou nessas propriedades, sendo que as que permaneceram na posição

baixo, apresentaram valores inferiores de MOR e MOE, em relação as que estavam no meio da parede lateral. As chapas que permaneceram na posição do meio demonstraram valor da média entre chapas revestidas e sem revestimento para o MOR de 24,10 MPa, sendo que para as chapas na posição baixo e revestidas e sem revestimento foi encontrado valor da média de 22,75 MPa, demonstrando que as chapas da posição de meio foram 6% superiores nessa propriedade mecânica. Para o MOE as chapas que permaneceram na posição do meio demonstraram valor da média, entre chapas revestidas e sem revestimento de 1956 MPa. Já para as chapas na posição baixo e revestidas e sem revestimento foi de 1751 MPa, o que representa aproximadamente 11% de superioridade para o MOE das chapas que permaneceram na posição do meio da parede lateral da seringa.

Figura 71 – Propriedades mecânicas MOR e MOE das chapas, revestidas e sem revestimento para as duas posições, após aplicação na seringa.

Fonte: Própria autoria.

Com base nos resultados obtidos para as propriedades mecânicas das chapas homogêneas de partículas, após o período de aplicação em parede lateral de seringa para curral de bovinos de corte, foi possível identificar que o revestimento superficial aplicado às chapas atuaram positivamente e protegeram o material dos possíveis agentes de degradação (fezes e urina dos animais, umidade do ambiente proveniente de lavagem ou da chuva, radiação solar direta e indireta, barro e partículas do contato direto com os animais).

Quanto a posição das chapas na parede lateral da seringa, ficou evidenciado que dependendo da altura em que são posicionadas, suas propriedades mecânicas sofrem maiores alterações, sendo que as que permaneceram na posição baixo, próximo ao solo, demonstraram sinais de maior alteração, pois apresentaram menores valores para as propriedades mecânicas, possivelmente por ser a região com maior contato com as fezes e urina dos animais, micro região com maior umidade (Figura 72 e Figura 73).

Figura 72 – Chapas homogêneas de partículas aplicadas na parede lateral da seringa (a).
Painéis modulares com as chapas após o término do período de aplicação (b).

Fonte: Própria autoria.

Figura 73 – Detalhe do aspecto visual das chapas aglomeradas de partículas, após o período de aplicação, para as posicionadas a baixo (a) e ao meio (b).

Fonte: Própria autoria.

A análise estatística para as propriedades mecânicas MOR e MOE, das chapas homogêneas de partículas aplicadas a parede da seringa, visou estudar se a posição e o revestimento superficial influenciaram

significativamente nessas propriedades mecânicas, sendo os resultados apresentados na Tabela 21 e Tabela 22.

Tabela 21 – Análise estatística para a propriedade mecânica MOR das chapas aplicadas na seringa em função da posição e revestimento superficial.

	Baixo	Meio	Média geral
Revestido	24,06 ± 3,41	26,06 ± 4,63	25,06 A
Não Revestido	21,44 ± 1,64	22,14 ± 5,56	21,79 B
Média geral	22,75 a	24,10 a	

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

Tabela 22 – Análise estatística para a propriedade mecânica MOE das chapas aplicadas na seringa em função da posição e revestimento superficial.

	Baixo	Meio	Média geral
Revestido	1884 ± 357	2158 ± 421	2021 A
Não Revestido	1619 ± 127	1754 ± 454	1687 B
Média geral	1751 b	1956 a	

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

Para a propriedade mecânica MOR, a análise estatística mostrou que apenas o revestimento influenciou nessa propriedade, sendo que as chapas homogêneas de partículas revestidas com o verniz apresentaram valores significativamente superiores em relação às chapas não revestidas.

Com relação à propriedade mecânica MOE a análise estatística demonstrou que, tanto o revestimento quanto a posição das chapas homogêneas de partículas na parede lateral da seringa afetaram essa propriedade. Quando realizada a análise em função apenas do revestimento, é demonstrado que as chapas revestidas apresentaram valor significativamente superior para o MOE. Para a análise em função da posição das chapas na parede da seringa foi constatado que aquelas posicionadas na porção baixa, apresentaram valores significativamente inferiores de MOE.

De forma geral, pode-se concluir que as propriedades mecânicas das chapas homogêneas de partículas sofreram influência quanto sua posição na parede lateral da seringa, sendo que as que permaneceram na posição mais abaixo próximas do solo apresentaram maior degradação, assim como a falta do revestimento superficial também apresentou o mesmo comportamento quanto a diminuição nas propriedades mecânicas.

5.5 Comportamento mecânico do painel modular

O desempenho mecânico dos painéis modulares foi avaliado pelas propriedades mecânicas da madeira empregada na confecção dos painéis modulares, pelo teste de impacto de corpo mole, pela simulação numérica e pela aplicação dos painéis modulares na seringa de curral para manejo de bovinos. Na Tabela 23 são apresentadas as variáveis analisadas com números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX) para o comportamento mecânico do painel modular.

Tabela 23 – Variáveis analisadas e seus respectivos números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX) para comportamento mecânico do painel modular.

VARIÁVEL	N	MÉDIA	D.P.	C.V.	MIN.	MÁX.
MOE Madeira	12	12415	2007	16	9628	16256
Desloc. PE Num. X Exp.	12	12,45	8,30	67	3,00	28,00
Desloc. PF Num. X Exp.	12	18,90	9,75	52	5,45	37,00
Desloc. Manejos	6	2,88	2,00	70	0,25	5,00

PE Num. = Painel Estrutural para Simulação numérica; PE Exp. = Painel Estrutural para Experimental; PF Num. = Painel de Fechamento para Simulação numérica; PF Exp. = Painel de Fechamento para Experimental.

Fonte: Própria autoria.

5.5.1 Propriedade mecânica da madeira utilizada nos painéis modulares

Na Tabela 24 é apresentado o valor do MOE da madeira utilizada na montagem dos painéis modulares.

Tabela 24 – MOE da madeira utilizada nos painéis modulares.

MOE (MPa)	
<i>Eucalyptus spp</i>	12415 ± 2007

Fonte: Própria autoria.

Foi obtido um valor médio para o MOE da madeira de 12415 MPa. Esse valor foi utilizado na etapa da simulação numérica descrita no item 4.6.3.

5.5.2 Impacto de corpo mole

Os deslocamentos transversais instantâneos e residuais, para os painéis modulares PE e PF, foram obtidos por meio do teste de impacto de corpo mole de 2 painéis modulares, seus resultados estão apresentados na Tabela 25.

Tabela 25 – Valores para deslocamento transversal e ocorrências para o teste de impacto de corpo mole dos painéis modulares.

Altura (cm)	Repetição do impacto	Energia (J)	Deslocamento transversal (mm)				Ocorrências
			Instantâneo		Residual		
			PE	PF	PE	PF	
15	1	60	3	8	0	0	Sem ocorrências
	2		3	8	0	0	Sem ocorrências
30	1	120	6	11	1	1	Sem ocorrências
	2		6	13	1	1	Sem ocorrências
45	1	180	9	18	1	2	Sem ocorrências
	2		7	20	1	2	Sem ocorrências
60	1	240	10	24	2	2	Sem ocorrências
	2		11	25	2	1	Sem ocorrências
90	1	360	15	30	2	5	Sem ocorrências
	2		20	23	5	1	Sem ocorrências
120	1	480	23	28	5	5	Sem ocorrências
	2		19	31	2	3	Sem ocorrências
150	1	600	27	37	5	6	Sem ocorrências
	2		28	36	4	6	Sem ocorrências
Média Geral		----	13	22	2	3	---
C.V. (%)			65	44	82	86	

Fonte: Própria autoria.

Como observado, os painéis modulares do tipo PE e PF apresentaram valor médio total para os deslocamentos transversais instantâneo de 13 mm e 22 mm, respectivamente. O PE demonstrou uma maior capacidade para resistir aos impactos, resultando em uma diferença de 9 mm a menos de deslocamento em relação aos PF, que corresponde a uma diferença em aproximadamente 41%.

Para os deslocamentos transversais residuais, os painéis modulares do tipo PE e PF apresentaram valor médio total de 2 mm e 3 mm, respectivamente. Como constatado anteriormente e esperado, o PE apresentou menor valor para esse deslocamento comparado com os PF, representando uma diferença de 33%.

Estes resultados vão de acordo com o esperado para os PE, pois para essa configuração estrutura, as vigas de madeira estão na posição de maior momento de inércia. Foi observado também, que após o teste de impacto de corpo mole não houve ocorrência de fendilhamento, fissuras e danos nos componentes do painel modular.

5.5.3 Simulação numérica

Os resultados para os deslocamentos transversais máximos teórico obtidos por meio da simulação numérica de painéis modulares (PE e PF) são apresentados neste item. Na Figura 74 é exemplificado o comportamento dos painéis modulares PF (a) e PE (b). No Apêndice C são apresentadas as imagens referentes aos deslocamentos transversais para as diferentes alturas de avaliação na simulação numérica.

Figura 74 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 150 cm.

Fonte: Própria autoria.

Na Figura 75 são apresentados os valores de deslocamento transversal máximo para os dois tipos de painéis (PE e PF), correspondentes a 6 níveis de altura de impacto. O PE apresentou menores deslocamentos transversais, para todas as alturas de impacto, quando comparado ao PF, sendo portando um painel mais rígido. O valor médio total do deslocamento transversal para todas as alturas, para o PE, foi de 11 mm, sendo que para o PF foi de 16 mm, uma diferença de aproximadamente 31%.

Figura 75 – Deslocamento transversal dos painéis modulares (PF e PE) para seis níveis de altura.

Fonte: Própria autoria.

Com base nos resultados de deslocamento transversal obtido no teste de impacto de corpo mole e na simulação numérica foi realizada uma comparação entre os valores, com o objetivo de validar o modelo numérico.

Os valores de deslocamento transversal obtidos para o PE no teste de impacto de corpo mole e na simulação numérica estão apresentados na Figura 76. Pela simulação numérica foram obtidos deslocamentos transversais inferiores quando comparado com os valores aferidos no teste de impacto de corpo mole. Apenas na altura de liberação do corpo mole (15 cm), o valor numérico superou o valor aferido no ensaio. Na Figura 77 é possível visualizar o deslocamento transversal numérico e experimental para as diferentes alturas de impacto.

Figura 76 – Deslocamentos transversais experimentais e numérico do - PE para diferentes alturas de impacto.

Fonte: Própria autoria.

Figura 77 – Deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PE.

Fonte: Própria autoria.

Para identificar a existência de relação e medir o grau deste relacionamento entre as duas variáveis (deslocamento transversal experimental e numérico) foi realizada uma correlação entre os dados (Figura 78).

A análise de correlação demonstrou existir uma correlação linear positiva entre os valores, com coeficiente de correlação (R) de 0,96. Por meio de análise de regressão foi estimada uma equação, que descreve a relação entre as duas variáveis e o coeficiente de determinação (R^2) aferido, que foi de 0,93.

Com base nos resultados da comparação entre os deslocamentos transversais observados numérico e experimental, é possível afirmar que a análise numérica demonstrou uma tendência em superestimar a rigidez do PE, apresentando valores inferiores aos encontrados no ensaio de corpo mole.

Nas primeiras 3 alturas de impacto, correspondente as energias de 60 J, 120 J e 180 J, nota-se uma correlação entre os valores numéricos e experimentais. Já a partir da altura de impacto de 90 cm, correspondente a energia de 360 J, há um distanciamento entre valores numéricos e experimentais. Esse efeito pode ser justificado pela ocorrência de um embutimento nas ligações entre as chapas de partículas a estrutura de madeira do painel modular, condição essa que não foi considerada no modelo numérico. Nesse sentido, ajustes na modelagem numérica poderia contribuir para atingir melhor correlação com os dados experimentais.

Figura 78 – Diagrama de dispersão de deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PE.

Fonte: Própria autoria.

A Figura 79 e Figura 80 apresentam valores experimentais e numéricos de deslocamentos transversais do PF. Os valores numéricos aferidos foram inferiores em todas as alturas de impacto avaliadas, quando comparado com o deslocamento experimental.

Figura 79 – Deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PF para diferentes alturas de impacto.

Fonte: Própria autoria.

Figura 80 – Deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PF.

Fonte: Própria autoria.

Para identificar a existência de relação e medir o grau deste relacionamento entre as duas variáveis (deslocamento transversal experimental e numérico) foi realizado uma correlação entre os dados (Figura 81).

A análise de correlação demonstrou existir uma correlação linear positiva entre os valores, com coeficiente de correlação (R) de 0,97. Por meio de análise de regressão foi estimada uma equação, que descreve a relação entre as duas variáveis e o coeficiente de determinação (R^2) aferido, que foi de 0,94.

Os resultados obtidos para os deslocamentos transversais numérico e experimental dos PF, demonstram que assim como observado para os PE, é possível afirmar que a análise numérica demonstrou uma tendência em superestimar a rigidez do PF, apresentando valores inferiores aos encontrados no ensaio de corpo mole.

Figura 81 – Diagrama de dispersão de deslocamentos transversais experimentais e numéricos do PF.

Fonte: Própria autoria.

5.5.4 Painel modular aplicado em seringa de curral para manejo de bovinos

A Tabela 26 apresenta os valores médios dos deslocamentos transversais máximos dos PE aferidos durante os manejos experimentais e convencionais.

Tabela 26 – Valores médios do deslocamento transversal instantâneo máximo dos PE.

Tipo de Manejo	Dia	Desl. trans. Inst. máximo (mm)	Média Geral
Experimental	1	0,25	1,50 ± 1,95
	2	3,75	
	3	0,50	
Convencional	1	4,25	4,25 ± 0,75
	2	5,00	
	3	3,50	

Fonte: Própria autoria.

A comparação entre os resultados dos tratamentos (Experimental e Convencional) foi realizada apenas na forma descritiva, uma vez que os fatores envolvidos em cada tratamento eram distintos entre si, principalmente quanto a categoria animal manejada, tipo de manejo empregado e taxa de lotação na

seringa durante o dia de manejo. Ao analisar o deslocamento transversal instantâneo máximo, para os três dias de manejo avaliados para cada tratamento, foi observado valor máximo de 3,75 mm para o manejo experimental e de 5,00 mm para o manejo convencional. A tendência de maiores deslocamentos nos PE nos dias de manejos convencionais demonstrase mais evidente, ao observar a média geral dos tratamentos, sendo obtido um valor de 4,25 mm para o manejo convencional e 1,50 mm para o manejo experimental.

A diferença de 2,75 mm corresponde a aproximadamente 65% do deslocamento transversal instantâneo máximo dos PE submetidos ao manejo convencional. Essa variação pode ser explicada por três fatores mencionados anteriormente. Primeiro em relação à categoria animal, uma vez que para o tratamento Convencional foram manejados animais jovens da raça Nelore, com idade aproximada de 14 meses, que tendem a apresentar um temperamento mais agitado e reativo ao manejo, levando assim a maior agitação no momento de aglomeração na seringa e conseqüentemente, maior e mais intenso contato com as paredes laterais da instalação. Os outros dois fatores que podem ter contribuído para explicar o maior deslocamento observado nos PE, estão relacionados a: a) forma de condução do manejo, sendo um manejo mais dinâmico e que representa àquele empregado rotineiramente nas propriedades rurais; b) o não respeito a taxa de lotação da seringa, com a alocação de um maior número de animais, na etapa de preenchimento da seringa.

Esses resultados dos deslocamentos transversais máximos dos PE, para os manejos experimentais e convencionais, quando comparados com os obtidos no teste de impacto mole e na simulação numérica (item 5.5.3), demonstram a eficiência do PE quanto à proposta de aplicação, sendo que o valor médio do deslocamento transversal instantâneo máximo do PE foi de 5 mm, valor muito inferior aos 28 e 22 mm obtidos no teste de impacto de corpo mole e simulação numérica, respectivamente.

5.6 Parâmetros de comportamento de bovinos

Para os parâmetros de comportamento dos bovinos manejados na seringa convencional e com painéis modulares, foram avaliadas a temperatura corporal superficial média e máxima, escore de comportamento e tempo de saída da seringa dos bovinos manejados. Na Tabela 27 são apresentadas as variáveis analisadas com seus números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX) para os parâmetros de comportamento dos bovinos.

Tabela 27 – Variáveis analisadas e seus respectivos números de observações (N), média, desvio padrão (D.P.), coeficiente de variação (C.V.), valores mínimos (MÍN.) e máximos (MÁX) para os parâmetros de comportamento de bovinos.

VARIÁVEL	N	MÉDIA	D.P.	C.V.	MIN.	MÁX.
T. Média	48	32,3	1,53	5	27,5	34,8
T. Máx.	24	34,4	0,98	3	32,5	35,8
EC	24	2	0,72	45	1	3
TS	24	24	58,39	41	37	250

T. Média = Temperatura corporal superficial média; T. Máx. = Temperatura corporal superficial máxima; EC = Escore de comportamento na seringa; TS = Tempo de saída da seringa.

Fonte: Própria autoria.

5.6.1 Escore de comportamento e tempo de saída

A reatividade dos animais, manejados na seringa com painéis modulares e convencional foi avaliada por meio do escore de comportamento e do tempo de saída. O objetivo foi obter parâmetros para o comportamento dos animais, quando submetidos ao mesmo manejo, buscando avaliar, por meio da comparação dos resultados, se a seringa com presença de painéis modulares influenciou no comportamento dos animais. A Tabela 28 apresenta os valores médios do escore de comportamento e tempo de saída de cada animal na seringa com os painéis modulares e convencional.

Tabela 28 – Valores médios para escore de comportamento e tempo de saída para cada animal na seringa com painéis modulares e convencional.

Animal	Escore de comportamento (1-5)		Tempo de saída (1/100 s)	
	Painéis modulares	Convencional	Painéis modulares	Convencional
295	2 ± 1	2 ± 1	77 ± 35	128 ± 40
1978	2 ± 1	1 ± 1	180 ± 28	197 ± 48
2137	2 ± 1	1 ± 1	153 ± 101	178 ± 21
3301	1 ± 1	1 ± 1	86 ± 47	127 ± 10
Média Geral	2 ± 1	2 ± 1	124 ± 68	158 ± 43

Fonte: Própria autoria.

A análise estatística para o escore de comportamento na seringa e tempo de saída da seringa foi realizada para identificar diferença significativa na reatividade do grupo de animais quando manejados em seringa com painéis modulares e convencional. Os resultados dessa análise são apresentados na Tabela 29.

Tabela 29 – Escore de comportamento e tempo de saída dos animais para a seringa com painéis modulares (PM) e convencional (CV).

Tipo	Escore de comportamento (1-5)	Tempo de saída (1/100 s)
PM	2 A	124 A
CV	2 A	158 A

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna para escore de comportamento diferem pelo teste de verossimilhança.

Médias seguidas por letras maiúsculas diferentes na coluna para tempo de saída diferem pelo teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

A análise estatística demonstrou que, para ambos os parâmetros de reatividade, não houve diferença significativa entre o grupo de animais quando manejados na seringa com os painéis modulares e na convencional. Para o escore de comportamento, foi atribuída nota 2, para os dois manejos, demonstrando que os animais se mantiveram calmos. De acordo com Francisco (2014) esse comportamento pode ser classificado como adequado.

Quanto aos tempos de saída (124 e 158 centésimos de segundos) obtidos para o grupo de animal manejado na seringa com painéis modulares e convencional, Burrow (1991, apud BARBOSA SILVEIRA et al., 2008) afirma que para essa faixa de valor o comportamento desses animais é classificado como dóceis, após a passagem pela seringa.

Com base nesses resultados pode-se concluir o uso de painéis modulares na seringa não provocou alteração no comportamento dos animais.

5.6.2 Temperatura de superfície corporal

As temperaturas médias e máximas superficiais do corpo dos animais manejados na seringa com painéis modulares e convencional, determinada por meio de termografia de infravermelho, estão apresentadas na Tabela 30 e Tabela 31. Os termogramas dos animais, utilizados para a obtenção dos dados das temperaturas corporal superficial estão apresentados no Apêndice D.

Tabela 30 – Temperatura média da superfície corporal dos animais, antes e após o manejo em seringa com painéis modulares e convencional.

Animal	Painéis modulares		Convencional	
	Antes	Depois	Antes	Depois
295	31,6 ± 1,4	31,9 ± 1,4	32,7 ± 1,1	33,7 ± 0,3
1978	31,7 ± 1,9	32,8 ± 1,0	33,2 ± 1,6	33,4 ± 1,0
2137	30,3 ± 2,5	31,2 ± 2,1	33,1 ± 1,1	33,3 ± 0,8
3301	31,3 ± 1,8	31,7 ± 1,5	32,0 ± 1,5	32,9 ± 0,4
Média	31,2 ± 1,8	31,9 ± 1,4	32,8 ± 1,2	33,3 ± 0,7

Fonte: Própria autoria.

Tabela 31 – Temperatura máxima da superfície corporal dos animais, após a passagem em seringa com painéis modulares e convencional.

Animal	Painéis modulares	Convencional
295	33,5 ± 1,3	35,1 ± 0,3
1978	34,4 ± 0,9	34,8 ± 0,8
2137	33,4 ± 1,3	35,0 ± 0,6
3301	34,3 ± 1,0	35,0 ± 0,2
Média	33,9 ± 1,1	35,0 ± 0,5

Fonte: Própria autoria.

Os valores da temperatura média de superfície corporal dos animais avaliados, para os dois tipos de seringa e momentos de aferição (ante e depois do manejo), demonstram que a temperatura corporal permaneceu dentro do padrão considerado adequado para vacas da raça nelore, semelhantes aos valores encontrados por Santos et al. (2005) que obteve valor médio para a temperatura da pele de vacas nelores, em duas estações do ano, de 32,9° C.

A análise estatística para temperatura média de superfície corporal dos animais demonstrou não haver interação entre os fatores fechamento da seringa e momento de aferição da temperatura corporal superficial do grupo de animais (Tabela 32).

Para a temperatura máxima de superfície corporal dos animais após o manejo, a análise estatística verificou a existência de diferença significativa para esse parâmetro entre o grupo de animais manejados em seringa com painéis modulares e em seringa convencional (Tabela 33).

Tabela 32 – Temperatura média de superfície corporal dos animais antes e após a passagem pela seringa com painéis modulares e convencional.

Tipo	Temperatura média (°C)		
	Antes	Depois	Média geral
PM	31,2	31,9	31,5 B
CV	32,8	33,3	33,3 A
Média geral	32,0 b	32,6 a	

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na coluna e diferentes letras minúsculas na linha diferem estatisticamente pelo teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

Tabela 33 – Temperatura máxima de superfície corporal dos animais após a passagem pela seringa com painéis modulares e convencional.

Tipo	Temperatura máxima (°C)
	Média geral
PM	33,9 B
CV	35,0 A

Médias seguidas por diferentes letras maiúsculas na coluna diferem estatisticamente pelo teste F ($p < 0,05$).

Fonte: Própria autoria.

A análise da temperatura média de superfície corporal dos animais, quanto ao tipo de fechamento lateral da seringa, demonstrou que o grupo de animais manejados na seringa com painéis modulares apresentou uma temperatura significativamente inferior, em comparação com as aferidas nos animais manejados em seringa convencional. Quanto ao momento de aferição da temperatura corporal superficial, foi constatado que o grupo de animais apresentou temperatura média de superfície corporal significativamente inferior antes do manejo.

A análise estatística da temperatura máxima de superfície corporal dos animais demonstrou que o grupo de animais manejados na seringa com os painéis modulares apresentou valores significativamente inferiores em relação às temperaturas aferidas no manejo realizado na seringa convencional. Nas Figura 82 e Figura 83 têm-se os exemplos do termograma antes e depois do manejo de um animal, para a seringa com os painéis modulares e para a convencional, sendo possível observar a diferença na alteração da temperatura corporal do animal após o manejo para os dois modelos da seringa, ficando evidente na Figura 83 um aumento mais acentuado na temperatura corporal, quando manejado na seringa convencional.

Figura 82 – Termograma do animal 2137 antes (a) e depois (b) do manejo na seringa com os painéis modulares.

Figura 83 – Termograma do animal 2137 antes (a) e depois (b) do manejo na seringa convencional.

Baseado nos resultados apresentados pelas análises de temperatura média e máxima de superfície corporal dos animais, ficou evidenciado que a utilização dos painéis modulares com chapas homogêneas de partículas e bagaço de cana como fechamento lateral da seringa, proporcionou menores temperaturas corporais nos animais manejados, quando comparado a seringa em seu formato convencional.

Esse fato pode ser um indicativo de que a utilização dos painéis modulares colaborou com a diminuição do estresse dos animais quando submetidos ao manejo, provavelmente pela adequação na instalação da seringa, com o fechamento total das frestas das paredes laterais impedindo que o animal enxergue a movimentação externa. Outro fator que pode explicar, seria pela utilização das chapas homogêneas de partículas, substituindo a madeira da seringa convencional, que como demonstrado apresenta menor dureza

comparada a madeira e assim causaria menor impacto ao corpo do animal quando em contato direto.

5.7 Possibilidades de uso das chapas homogêneas de partículas

Baseado em todos os resultados obtidos da aplicação das chapas homogenias de partículas de bagaço de cana, como fechamento lateral em curral para manejo de bovinos, pode-se afirmar que a aplicação e utilização deste material se adequaria a outras situações semelhantes a proposta do trabalho, tal como para a adequação de instalações antigas para manejo de bovinos e em currais de espera de instalações para frigoríficos. Outra possibilidade seria a utilização em instalações de manejo para diferentes espécies de animais, como por exemplo para ovinos, onde as instalações necessárias são menores e semelhantes as necessárias para a realização do manejo, com menor exigência quanto ao desempenho mecânico do material devido ao menor porte dos animais.

Desta forma, as possibilidades de aplicação e uso das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana estudadas, não ficam apenas submetidas a proposta de uso do presente trabalho, deixando assim aberta novas possibilidades para sua aplicação.

6 CONCLUSÕES

Com base nos resultados alcançados nesse trabalho, as conclusões apresentadas enfatizam as características químicas e anatômicas do bagaço de cana, as propriedades físico-mecânicas das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana e resina poliuretana à base de óleo de mamona, o desempenho mecânico teórico e experimental do painel modular e parâmetros de reatividade de temperatura corporal superficial de bovinos manejados em seringa convencional e de painéis modulares.

As partículas de bagaço de cana-de-açúcar apresentaram características químicas e anatômicas que atenderam aos requisitos da utilização para a confecção de chapas de partículas homogêneas, com valores de pH, composição química e morfologia semelhante às da madeira utilizada convencionalmente na produção de chapas de partículas.

As propriedades físico-mecânicas das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana-de-açúcar atenderam aos requisitos normativos para aplicação do material como componente estrutural, sendo que as chapas com densidade de 800 kg/m^3 apresentaram propriedades mecânicas adequadas para esse fim. O estudo da durabilidade demonstrou a fragilidade das chapas homogêneas de partículas aos agentes de degradação (umidade, radiação solar, urina e fezes dos bovinos) e comprovou a necessidade de aplicação e a eficiência do revestimento superficial (verniz marítimo) como um agente de proteção superficial do material.

Os painéis modulares, quando aplicados como fechamento lateral em seringa de curral para manejo de bovinos, apresentaram deslocamento transversal inferior aos valores obtidos no teste de impacto de corpo mole e na simulação numérica, sendo possível indicá-lo para esse uso.

Os parâmetros de reatividade dos bovinos manejados na seringa com fechamento lateral de painéis modulares não apresentaram diferença

significativa com os aferidos em bovinos manejados em seringa convencional, com fechamento de tábuas de madeira, indicando que a alteração do sistema construtivo não influenciou o comportamento dos animais. Para a temperatura superficial corporal, os animais manejados na seringa com painéis modulares apresentaram após o manejo, temperatura média e máxima inferiores àquelas aferidas nos animais manejados em seringa convencional, indicando que o painel modular contribuiu com a melhora do ambiente de manejo dos bovinos.

7 PERSPECTIVAS DE CONTINUIDADE

A realização do presente trabalho abre novas possibilidades de desenvolvimento de novos estudos, mas também deixa algumas questões ainda por serem estudadas e analisadas com mais detalhe, sendo algumas delas indicadas a seguir:

- Avaliar a eficiência do painel modular e das chapas homogêneas de partículas de bagaço de cana em outras instalações do setor agropecuário, como por exemplo nas citadas no item 5.7.
- Aprofundar o estudo de durabilidade, avaliando as condições de exposição para aplicações específicas na cadeia do agronegócio.
- Realizar estudos com o objetivo de aplicar a tecnologia do painel modular em diferentes tipos de construções rurais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRUPAMENTO DE ESCOLAS DE MIRANDELA. **Secção transversal de caule de monocotiledônea demonstrando organização das estruturas.**

Disponível em: <http://www2.esec-mirandela.rcts.pt/E_Vegatais/caule%201.jpg>. Acesso em: 12 nov. 2013.

AMERICAN NATIONAL STANDARDS INSTITUTE. **ANSI A208.1:** Particleboard. Gaithersburg, 1999.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING MATERIALS. **ASTM D1435:** Standard Practice for Outdoor Weathering of Plastics. West Conshohocken, 2013.

ANSELM, R. Diversificação industrial inclui bioeletricidade, levedura, plástico biodegradável e gás carbônico. **Jornalcana, Tecnologia Industrial**, Ribeirão Preto, p. 58, dez. 2007.

ARANTES, T. M. **Uso de soluções hidrotrópicas na deslignificação do bagaço de cana-de-açúcar.** 2009. 145 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2009.

ARAÚJO, L. C. R. **Caracterização química e mecânica de poliuretanas elastoméricas baseadas em materiais oleoquímicos.** 1992. 105 f. Dissertação (Mestrado) - Instituto de Física e Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

ARTHINGTON, J. D. et al. Effects of preshipping management on measures of stress and performance of beef steers during feedlot receiving. **Journal of Animal Science**, Champaign, v. 86, p. 2016-2023, 2008.

ASHORI, A.; NOURBAKHSH, A.; KAREGARFARD, A. Properties of medium density fiberboard based on bagasse fibers. **Journal of Composite Materials**, London, v. 43, p. 1927-1934, 2009.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE – ABIEC. **Rebanho bovino brasileiro.** 2015. Disponível em:<http://www.abiec.com.br/3_rebanho.asp#> Acesso em: 10 ago. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 14810:** Chapas de madeira aglomerada. Rio de Janeiro, 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7190:** Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. **MB-3256:** Divisórias leves internas moduladas. Rio de Janeiro, 1990.

ATAYDE, C. M.; GONÇALEZ, J. C.; CAMARGOS, J. A. Características colorimétricas entre as seções anatômicas da madeira de Muirapiranga (*Brosimum* sp.). **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 2, p. 231-235, 2011.

BALDAUF, A. S. F. **Contribuição à implementação da coordenação modular da construção no Brasil**. 2004. 146 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004.

BARBOZA, A. S. R. et al. A técnica da coordenação modular como ferramenta diretiva de projeto. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 11, n. 2, p. 97-109, abr./jun. 2011.

BARBOSA SILVEIRA, I. D. et al. Relação entre genótipos e temperamento de novilhos Charolês × Nelore em confinamento. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 37, n. 10, p. 1808-1814, 2008.

BARBOSA SILVEIRA, I. D.; FISCHER, V.; WIEGAND, M. M. Avaliação do temperamento em bovinos de corte. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, v. 57, n. 219, p. 321-332, 2008.

BARROS FILHO, R. M. **Painéis aglomerados a base de cana-de-açúcar e resinas uréia formaldeído e melamina formaldeído**. 2009. 99 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2009.

BATTISTELLE, R. A. G.; MARCILIO, C.; LAHR, F. A. R. Emprego do bagaço da cana-de-açúcar (*saccharum officinarum*) e das folhas caulinares do bambu da espécie *dendrocalamus giganteus* na produção de chapas de partículas. **Revista Minerva**, São Carlos, v. 5, n. 3, p. 297-305, 2009.

BELINI, U. L. et al. Painel multicamada com reforço de partículas de bambu. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 42, n. 103, p. 421-427, set. 2014.

BELINI, U. L.; TOMAZELLO FILHO, M.; CHAGAS, M. P. Densitometria de raios X aplicada na avaliação tecnológica de painéis MDF de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 37, n. 84, p. 343-350, dez. 2009.

BERTOLINI, M. S. **Emprego de resíduos de *Pinus* sp tratado com preservante CCB na produção de chapas homogêneas de partículas utilizando resina poliuretana à base de mamona**. 2011. 126 f. Dissertação (Mestrado) – Programa Interunidades em Ciência e Engenharia de Materiais, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

BERTOLINI, M. S. et al. Accelerated artificial aging of particleboards from residues of CCB treated *Pinus* sp. na castor oil resin. **Materials Research**, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 293-303, 2012.

BICUDO, J. R. et al. **Cattle handling facilities:** planning, components and layouts. Lexington, KY: University of Kentucky Cooperative Extension Service AEN-82, 2002.

BLEDZKI, A. K.; GASSAN, J. Composites reinforced with cellulose-based fibres. **Progress in Polymer Science**, London, v. 24, p. 201-274, 1999.

BOTARO, V. R. **Deslignificação organossolve de bagaço de cana-de-açúcar: fracionamento e benzilação das ligninas obtidas.** 1996. 208 f. Tese (Doutorado) - Instituto de Química de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1996.

BRASIL. Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da agropecuária.** Brasília, Ano XXIV, n. 7, jul. 2015a. p. 01-98.

BRASIL. Ministério Da Agricultura, Pecuária E Abastecimento. **Projeções do agronegócio:** Brasil 2014/15 a 2024/25. Brasília: Mapa/ACS, 2015b. 108 p.

BRIOSCHI, M. L.; MACEDO, J. F.; MACEDO, R. A. C. Termografia cutânea: novos conceitos. **Jornal Vascular Brasileira**, Porto Alegre, v. 2, p. 151-160, 2003.

BROOM, D. M.; MOLENTO, C. F. M. Bem-estar animal: conceito e questões relacionadas: revisão. **Archives of Veterinary Science**, Curitiba, v. 9, n. 2, p. 1-11, 2004.

BURROW, H. M.; SEIFERT, G.W.; COBERT N. J. A new technique for measuring temperament in cattle. **Australian Society of Animal Production**, Toowong, v. 17, p. 154-157, 1988.

CAMPOS, C. I.; ROCCO LAHR, F. A. Estudo comparativo dos resultados de ensaio de tração perpendicular para MDF produzido em laboratório com fibras de pinus e de eucalipto utilizando ureia-formaldeído. **Matéria**, Rio de Janeiro, v. 9, n. 1, p. 32-34, 2004.

CARNEIRO, O. **Construções rurais.** 8. ed. São Paulo: Nobel, 1979.

CARNEIRO, R. L. R. **Estimativas de parâmetros genéticos de escore de temperamento e de características de crescimento e de carcaça em animais da raça nelore.** 2007. 57 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, Jaboticabal, 2007.

CARVALHO, G. G. P. et al. Valor nutritivo do bagaço de cana-de-açúcar amonizado com quatro doses de uréia. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, n. 1, p. 125-132, 2006.

CASTRO, E. M. de. Processos de fabricação de chapas. In: GONÇALVES, M. T. T. **Processamento da madeira**. Bauru: Document Center Xerox - USC, 2000. cap. 7, p. 233-236.

COLLI, A. et al. Propriedades de chapas fabricadas com partículas de madeira de paricá (*Schyzolobium amazonicum* Huber ex. Ducke) e fibras de coco (*Cocos nucifera* L.). **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v. 34, n. 2, p. 333-338, 2010.

CONTRERAS, W. M. et al. Diseño de tableros de partículas de caña brava y adhesivo fenol – formaldehído. **Revista Forestal Latinoamericana**, v. 21, n. 1, p. 39-55, 2006.

COSTA, J. A. et al. Fotodegradação de duas espécies de madeiras tropicais: Jatobá (*Hymenaea courbaril*) e Tauari (*Couratari oblongifolia*) submetidas à radiação ultravioleta. **Cerne**, Lavras, v. 17, n. 1, p. 133-139, 2011.

CRAVO, J. C. M. et al. Forro ecológico de resíduos agroindustriais para galpões avícolas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 8, p. 1466-1471, 2014.

CRUZ, V. F.; SOUSA, P. Sistema integrado de monitoramento do bem-estar animal. **EMBRAPA Suínos e Aves**, Brasília, 2005.

DIAS, F. M. **Aplicação de resina poliuretana à base de mamona na fabricação de painéis de madeira aglomerada**. produtos derivados da madeira: síntese dos trabalhos desenvolvidos no Laboratório de Madeiras e de Estruturas de Madeira, SET-EESC-USP. Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo. p. 73-92. São Carlos, SP, 2008.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Procedimentos para análise lignocelulósica**. Campina Grande: Embrapa Algodão, 2010a. 54 p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Metodologias para avaliação de alimentos para ruminantes domésticos**. Porto Velho, RO: Embrapa Rondônia, 2010b. 21 p.

EUCLIDES FILHO, K.; EUCLIDES, V. P. B.; CORRÊA, E. S. **Boas práticas na produção de bovinos de corte**. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2002. 25 p. (Embrapa Gado de Corte. Documentos, 129).

FEENEY, F. E.; LAWLOR, V.; EVERTSEN, J. A. An ultrasonic analogue to gamma ray densitometry of medium density fibreboard (MDF). In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON NONDESTRUCTIVE TESTING OF WOOD, 10., 1996, Lausanne. **Proceedings...** Lausanne, 1996. p. 407.

FERRÃO, A. M. A. Arquitetura agrícola dentro do contexto das construções rurais. In: FREIRE, W. J.; BERALDO, A. L. **Tecnologias e materiais alternativos de construção**. Campinas: Editora UNICAMP, 2010. cap. 3, p. 65-93.

FERREIRA, M. S.; BREGATTO, P. R.; D'AVILA, M. R. Cooredenação modular e arquitetura: tecnologia, inovação e sustentabilidade. In: ESPAÇO SUSTENTÁVEL: INOVAÇÕES EM EDIFÍCIOS E CIDADES, 7., 2008, São Paulo. **Anais eletrônicos...** São Paulo: NUTAU/USP, 2008. Disponível em: <<http://www.usp.br/nutau/CD/86.pdf>>. Acesso em: 10 ago. 2015.

FIORELLI, J. **Desenvolvimento produção e caracterização de painéis de partículas lignocelulósicas de resíduos agroindustriais**. 2013. 157 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Zootecnia e Engenharia de Alimentos, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2013.

FIORELLI, J. et al. Sugarcane bagasse and castor oil polyurethane adhesive-based particulate composite. **Materials Research**, São Carlos, v. 16, n. 2, p. 439-446, 2012.

FIORELLI, J.; SORIANO, J.; ROCCO LAHR, F. A. Roof modular system in wood and particleboard (OSB) to rural construction. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.69, n.3, p.189-193, 2012.

FIORELLI, J.; MEDEIROS, S. F. Curral de manejo para gado de corte em madeira: projeto, construção e análise de custos. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA - EBRAMEM, 11., 2008, Londrina - PR. **Anais...** Londrina: EBRAMEM, 2008.

FIORELLI, J. et al. Painéis de partículas à base de bagaço de cana e resina de mamona – produção e propriedades. **Acta Scientiarum**. Technology, Maringá, v. 33, p. 401-406, 2011.

FONSECA, B. G. **Destoxificação biológica de hidrolisado hemicelulósico de bagaço de cana-de-açúcar empregado as leveduras *Issatchenkia occidentalis* e *Issatchenkia orientalis***. 2009. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de Lorena, Universidade de São Paulo, Pirassununga, 2009.

FONSECA, J. S.; MARTINS, G. A. **Curso de Estatística**. São Paulo : Atlas, 1996. 320p.

FORDYCE, G.; GODDARD, M.; SEIFERT, G. W. The measurement of temperament in cattle and effect of experience and genotype. **Animal Production in Australia**, Australia, v. 14, p. 329-332, 1982.

FORDYCE, G.; DODT, R. M.; WYTHES, J. R. Cattle temperaments in extensive beef herds in northern Queensland. 1. Factors affecting temperament. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Clayton, v. 28, p. 683-687, 1988.

FORMOSO, C. T.; INO, A. Introdução. In:_____. **Inovação, gestão da qualidade e produtividade e disseminação do conhecimento na construção habitacional**. Porto Alegre: ANTAC, 2003. p. 5-11. (Coletânea Habitar ANTAC, v. 2).

FRANCISCO, C. L. **Efeito do temperamento e do estresse nas características da carne de bovinos terminados em confinamento**. 2014. 107 f. Tese (Doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2014.

GRACIANO, D. E. **Aplicações da termografia infravermelha na produção animal**. 2013. 52 f. Dissertação (Mestrado) - Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados, 2013.

GRANDIN, T. **Humane livestock handling** : understanding livestock behavior and building facilities for healthier animals. United States: Storey Publishing, 2008. 227 p.

GRANDIN, T. Behavioral agitation during handling of cattle is persistent over time. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 36, p. 1-9, 1993.

GRANDIN, T. Handling and processing feedlot cattle. In: Thompson, G. B.; O'Mary, C. C. (Eds.). **The feedlot**. Philadelphia: Lea and Febiger, 1983. p. 213-235.

GAVRILA, D. A análise visual do movimento humano: pesquisa, visão computacional e compreensão de imagem. **Artigos de Ciência Veterinária**, [São Paulo], v. 13, p. 82-98, 1999.

GRECON. **Stenograph**. Disponível em: <http://www.grecon.de/files/pdfs/products/gesamt_ci2_pt.pdf>. Acesso em: 15 set. 2011.

GREVEN, H. A.; BALDAUF, A. S. F. **Introdução à coordenação modular da construção no Brasil**: uma abordagem atualizada. Porto Alegre: ANTAC, 2007. (Coleção Habitar, 9).

HILLIG, E. **Qualidade de chapas aglomeradas estruturais, fabricadas com madeiras de pinus, eucalipto e acácia negra, puras ou misturadas, coladas com tanino-formaldeído**. 2000. 96 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria Santa Maria, UFSM, 2000.

HUHNKE, R. L.; HARP, S. **Corral and working facilities for beef cattle**. Stillwater, Oklahoma: Oklahoma State University, Cooperative Extension Service, 2009.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis de madeira aglomerada de alta densificação com diferentes tipos de resina. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 68, p. 39-43, 2005a.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída**. Curitiba: FUPEF, 2005b. 247 p.

IWAKIRI, S. et al. Produção de painéis de madeira aglomerada de *Grevillea robusta* A. Cunn. ex R. Br. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 28, n. 6, p. 883-887, 2004.

IWAKIRI, S. et al. Resíduos de serrarias na produção de painéis de madeira aglomerada de eucalipto. **Revista Scientia Agrária**, Piracicaba, v. 1, n. 2, p. 23-28, 2000.

JOSÉ, F. J.; BERALDO, A. L. Chapas prensadas de partículas de bambu e adesivo poliuretana à base de óleo de mamona. In: 10 EBRAMEM- Encontro Brasileiro em Madeiras e em estruturas de Madeira, 2006, São Pedro - SP. **Anais...** Botucatu: EBRAMEM, 2006. v. 1. p. 1-11.

KELLY, M. W. Critical literature review of relationships between processing parameters and physical properties of particleboard. **USDA Forest Service** - Forest Products Laboratory GENERAL Technical Report FPL-10, 1977.

MACIEL, A. S. et al. Chapas de madeira aglomerada produzidas com partículas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden, poliestireno (PS) e polietileno Tereftalato (PET). **Cerne**, Lavras, v. 10, n. 1, p. 53-66, 2004.

MALONEY, T. M. The family of wood composite materials. **Forest Products Journal**, Peachtree Corners, v. 46, n. 2, p. 19-26. 1996.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard and dry-process fiberboard manufacturing**. 2. ed. São Francisco: M. Freeman, 1993. 689 p.

MALONEY, T. M. **Modern particleboard & dry-process fiberboard manufacturing**. San Francisco, 1977. 672 p.

MARCILIO, C., BATTISTELLA, R. A. G., VALARELLI, I. D. Manufacture of particulate composites of crushed sugarcane leaves and bamboo stem fibers: physical and mechanical characterization. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008. Londrina, PR. **Anais...** Londrina, 2008. 1 CD-ROM.

MENDES, R. F. et al. Painéis aglomerados produzidos com bagaço de cana em associação com madeira de eucalipto. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p. 285-295, jun. 2010.

MENDES, R. F. et al. Qualidade de painéis aglomerados produzidos na China utilizando bagaço de cana. In: EBRAMEM - ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11, 2008, Londrina. **Anais...** Londrina, 2008.

MENDES, L. M.; ALBUQUERQUE, C. E. C.; IWAKIRI, S. A indústria brasileira de painéis de madeira. **Revista da Madeira**, São Paulo, v. 1, n. 71, p. 12-12, 2003.

MONTANA. **Curral de manejo**. Disponível em: <<http://www.montana.com.br/content/download/11605/88447/version/1/file/Curral+de+Manejo.pdf>>. Acesso em: 10 nov. 2015.

MOSLEMI, A. A. **Particleboard carbondale and Edwardsville**. Southern Illinois: University Press, 1974.

MÜLLER, R.; KEYSERLINGK, M. A. G. V. Consistency of flight speed and its correlation to productivity and to personality in *Bos Taurus* cattle. **Applied Animal Behaviour Science**, Amsterdam, v. 99, p. 193-204, 2006.

NASCIMENTO, M. F. **CPH – Fabricação de chapas de partículas de OSB - Oriented Strand Board, com matéria-prima proveniente de espécies de madeira da caatinga do nordeste do Brasil**. São Carlos: USP, 2006. (Relatório de Pesquisa – Programa de Desenvolvimento Regional/CNPq).

NETAFIM. **Cana-de-açúcar**. Disponível em: <http://www.sugarcane crops.com/p/growth_morphology/stalk/&mod=large&mb_id=312_mb_file_642cf.jpg>. Acesso em: 12 nov. 2013.

OECD/FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS-FAO. **Agricultural Outlook 2015-2024: special feature – Brazil: prospects and challenges**. Paris: OECD Publishing, 2015.

OLIVEIRA, C. B.; DE BORTOLI, E. C.; BARCELLOS, J. O. J. Diferenciação por qualidade da carne bovina: a ótica do bem-estar animal. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 38, n. 7, p. 2092-2096, 2008.

OLIVEIRA, S. L. **Painéis aglomerados de bagaço de cana de açúcar: caracterização visando ao uso na indústria moveleira**. 2013. 141 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

OLMOS, M. A. C. **Equipamento e processo de fabricação de chapas de madeira aglomeradas a partir de resíduos de madeira**. 1992. 110 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 1992.

PARANHOS DA COSTA, M. J. R. et al. Contribuição dos estudos de comportamento de bovinos para implementação de programas de qualidade de carne. In: ENCONTRO ANUAL DE ETOLOGIA, 20., 2002, Natal-RN. **Anais...** Natal: Sociedade Brasileira de Etologia, 2002. p.71-89.

PETHERICK, J. C. et al. Productivity, carcass and meat quality of lot fed *Bos indicus* cross steers grouped according to temperament. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Clayton, v. 42, p. 389-398, 2002.

PIZZI, A. **Advanced wood adhesives technology**. New York: Marcel Dekker, 1994. 297 p.

QUINTILIANO, M. H.; PARANHOS DA COSTA, M. J. R. Manejo racional de bovinos de corte em confinamentos: produtividade e bem-estar animal. In: SINEBOV, 4., 2006, Seropédica, RJ. **Anais...**Seropédica, RJ, 2006.

ROBERTO, J. V. B.; SOUZA, B. B. Utilização da termografia de infravermelho na medicina veterinária e na produção animal. **Journal of Animal Behaviour and Biometeorology**, Mossoro, v. 2, n. 3, p. 73-84, 2014.

ROCCO LAHR, F. A. et al. Influência da densidade na dureza paralela e na dureza normal às fibras para algumas espécies tropicais brasileiras. **Scientia Florestalis**, Piracicaba, v. 38, n. 86, p.153-158, 2010.

ROWELL, R. M.; HAN, J. S.; ROWELL, J. S. Characterization and factors affecting fiber properties. In: NATURAL POLYMERS AND AGROFIBERS BASED COMPOSITES, 1., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2000. p. 115-134.

ROWELL, R. M.; KEANY, F. M. Fiberboards made from acetylated bagasse fiber. **Wood and Fiber Science**, Monona, v. 23, n. 1, p. 15-22, 1991.

SALDANHA, L. K. **Alternativas tecnológicas para produção de chapas de partículas orientadas "OSB"**. 2004. 83 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2004.

SANTANA, M. A. E.; TEIXEIRA, D. E. Uso do bagaço de cana-de-açúcar na confecção de chapas de aglomerados. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 7.; CONGRESSO FLORESTAL PANAMERICANO, 1., 1993, Curitiba. **Anais...** São Paulo: SBS/SBEF, 1993. p. 667-672.

SANTOS, S. A. et al. Variações da temperatura corporal e da pele de vacas e bezerros das raças pantaneira e nelore no pantanal. **Archivos de zootecnia**, Córdoba, v. 54, n. 206-207, p. 237-244, 2005.

SARTORI, D. L. et al. Modular panel with wood and particleboards of sugarcane bagasse for cattle handling facilities. **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 37, n. 1, p. 3-9, 2015.

SARTORI, D. L. et al. Painel em madeira de reflorestamento e chapas de partículas para instalações rurais. **Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 19, n. 2, p. 171-178, 2012.

SILVA, M. R. **Efeito do tratamento térmico nas propriedades químicas, físicas e mecânicas em elementos estruturais de *Eucalypto citriodora* e *Pinus taeda***. 2012. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Carlos, 2012.

SILVA, A. J. P.; FRANÇA SANTOS, W. L.; ROCCO LAHR, F. A. Partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel similar ao OSB. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRA E ESTRUTURAS DE MADEIRA, 11., 2008. Londrina, PR. **Anais...** Londrina, 2008. 1 CD-ROM.

SILVA, V. L. M. M.; GOMES, W. C. O.; ALSINA, L. S. Utilização do bagaço de cana de açúcar como biomassa adsorvente na adsorção de poluentes orgânicos. **Revista Eletrônica de Materiais e Processos**, Campina Grande, v.2, p.27-32, 2007.

SILVA, A. J. P. **Aplicação de partículas longas e orientadas de bagaço de cana-de-açúcar na produção de painel particulado similar ao OSB**. 2006. 167 f. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2006.

SOUSA, M. F. B.; SCHUCHARDT, U.; RODRIGUES, J. A. R. Separação e identificação dos constituintes do bagaço de cana-de-açúcar pelo processo "Organosolv". **Ciência e Cultura**, São Paulo, v. 38, n. 1, p. 181-188, 1986.

SOUZA, C. F.; TINOCO, I. F. F.; SARTOR, V. **Informações básicas para projetos de construções rurais**. Viçosa, MG: UFV, 2003.

STEWART, M. et al. Infrared thermography as a non-invasive tool to study animal welfare. **Animal Welfare**, St. Albans, v. 14, p. 319-325, 2005.

TEIXEIRA, B. S. **A economia neoclássica e a inserção da bioeletricidade do bagaço de cana na matriz elétrica brasileira**. 2014. 67 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Economia, Administração, Contabilidade e Ciência da Informação e Documentação, Universidade de Brasília, Brasília, 2014.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE - USDA. **USDA agricultural projections**. Disponível em: <<http://www.ers.usda.gov/publications/oce081>>. Acesso em: 10 de ago. de 2015.

VALLE, I. M. R.; INO, A.; SHIMBO, I. O sistema de cobertura em painéis pré-fabricados de madeira. In: ENCONTRO BRASILEIRO EM MADEIRAS E EM ESTRUTURAS DE MADEIRA - EBRAMEM, 11., 2008, Londrina - PR. **Anais...** Londrina: EBRAMEM, 2008.

VAN SOEST, P. J. **Nutritional ecology of the ruminant**. 2. ed. New York: Cornell University Press, 1994. 476 p.

WALDSMITH, J. K.; OLTMANN, J. I. Thermography: subclinical inflammation, diagnosis, rehabilitation and athletic evaluation. **Journal of Equine Veterinary Science**, v. 14, p. 8-10, 1994.

WOODS, G. **The ICI polyurethanes book**. New York: John Willey, 1990.

YOUNG, M. A. Madeira artificial feita com bagaço. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 70, n. 3, p. 23-25, 1967.

ZHANG, M. et al. Manufacture and properties of high-performance oriented strand board composite using thin strands. **Japan Wood Science**, Japan, n. 44, p. 191-197, 1998.

APÊNDICE

APÊNDICE A – PERFIS DE DENSIDADE DAS AMOSTRAS ANALISADAS

Figura 84 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 1.

Figura 85 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 2.

Figura 86 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 3.

Figura 87 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 4.

Figura 88 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 5.

Figura 89 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 6.

Figura 90 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 7.

Figura 91 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 8.

Figura 92 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 9.

Figura 93 – Gráfico do perfil de densidade médio da amostra 10.

APÊNDICE B – AMOSTRAS SUBMETIDAS AO ENVELHECIMENTO NATURAL

Figura 94 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) no 1º dia do teste de envelhecimento natural.

Figura 95 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 1º mês do teste de envelhecimento natural.

Figura 96 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 2º mês do teste de envelhecimento natural.

Figura 97 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 3º mês do teste de envelhecimento natural.

Figura 98 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 4º mês do teste de envelhecimento natural.

Figura 99 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 5º mês do teste de envelhecimento natural.

Figura 100 – Amostras sem revestimento (fileira superior) e revestidas (fileira inferior) após 6º mês do teste de envelhecimento natural.

APÊNDICE C – DESLOCAMENTO TRANSVERSAL NUMÉRICO DOS PAINÉIS MODULARES

Figura 101 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 15 cm.

Fonte: Própria autoria.

Figura 102 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 30 cm.

Fonte: Própria autoria.

Figura 103 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 45 cm.

Fonte: Própria autoria.

Figura 104 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 90 cm.

Fonte: Própria autoria.

Figura 105 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 120 cm.

Fonte: Própria autoria.

Figura 106 – Deslocamento transversal teórico do PF (a) e PE (b) para a altura de impacto de 150 cm.

Fonte: Própria autoria.

APÊNDICE D – TERMOGRAMAS DOS ANIMAIS MANEJADOS NA SERINGA COM PAINÉIS MODULARES E CONVENCIONAL

Figura 107 – Termograma para o 1º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 108 – Termograma para o 1º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 109 – Termograma para o 1º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 110 – Termograma para o 1º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 111 – Termograma para o 2º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 112 – Termograma para o 2º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 113 – Termograma para o 2º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 114 – Termograma para o 2º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 115 – Termograma para o 3º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 116 – Termograma para o 3º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 117 – Termograma para o 3º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 118 – Termograma para o 3º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa com os painéis modulares.

Figura 119 – Termograma para o 1º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 120 – Termograma para o 1º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 121 – Termograma para o 1º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 122 – Termograma para o 1º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 123 – Termograma para o 2º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 124 – Termograma para o 2º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 125 – Termograma para o 2º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 126 – Termograma para o 2º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 127 – Termograma para o 3º manejo do animal 295, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 128 – Termograma para o 3º manejo do animal 1978, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 129 – Termograma para o 3º manejo do animal 2137, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.

Figura 130 – Termograma para o 3º manejo do animal 3301, antes (a e b) e depois (c e d) da passagem pela seringa convencional.