



**UNIVERSIDADE DE UBERABA
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ENGENHARIA QUÍMICA**

GABRIELA SILVA SPIRLANDELLI

**AMIDO DE MILHO MODIFICADO PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS
DERIVADOS DE MADEIRA**

UBERABA - MG

2019



GABRIELA SILVA SPIRLANDELLI

**AMIDO DE MILHO MODIFICADO PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DE
DERIVADOS DE MADEIRA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química – Mestrado Profissional da Universidade de Uberaba (PPGEQ-MP/UNIUBE).

Orientador:
Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer

Coorientador:
Prof. Dr. David Maikel Fernandes

UBERABA - MG

2019

Catálogo elaborado pelo Setor de Referência da Biblioteca Central UNIUBE

S48a Spirlandelli, Gabriela Silva.
Amido de milho modificado para produção de painéis derivados de madeira / Gabriela Silva Spirlandelli. – Uberaba, 2019.
63 f. : il. color.

Dissertação (mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Engenharia Química, concentração: Desenvolvimento de Processos Químicos Agroindustriais.

Orientador: Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer.

Coorientador: Prof. Dr. David Maikel Fernandes.

1. Amido – Milho. 2. Adesivos. 3. Placas (Engenharia). I. Finzer, José Roberto Delalibera. II. Fernandes, David Maikel. III. Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Engenharia Química. IV. Título.

CDD 547.78

GABRIELA SILVA SPIRLANDELLI

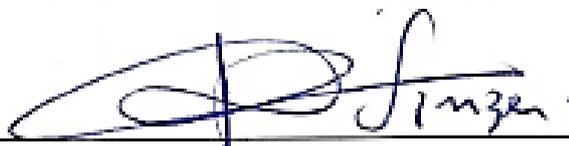
**AMIDO DE MILHO MODIFICADO PARA PRODUÇÃO DE PAINÉIS DERIVADOS
DE MADEIRA**

Dissertação apresentada como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Engenharia Química do Programa de Pós-graduação em Engenharia Química – Mestrado Profissional da Universidade de Uberaba (PPGEQ-MP/UNIUBE).

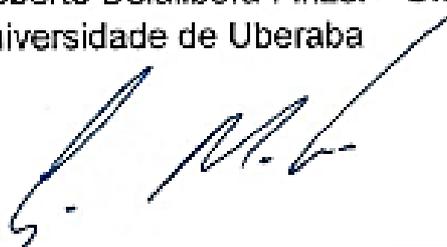
Área de concentração: Desenvolvimento de Processos Químicos Agroindustriais

Aprovado em: 06/09/2019

BANCA EXAMINADORA:



Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer - Orientador
Universidade de Uberaba



Prof. Dr. Geoffroy Roger Pointer Malpass
Universidade Federal do Triângulo Mineiro



Prof. Dr. Mauro Luiz Begnini
Universidade de Uberaba

“A educação é a arma mais poderosa que você pode usar para mudar o mundo”.

(Nelson Rolihlahla Mandela)

*Aos professores revolucionários
que lutam por uma educação
transformadora e emancipatória.*

*A minha família que me direcionou
aos caminhos menos árduos, com muito
amor e paciência.*

*A minha filha Manuela e
companheiro de jornada que iluminam
minha vida.*

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus pelo dom da vida.

Aos meus orientadores Prof. Dr. David Maikel Fernandes, que esteve ao meu lado direcionando a dissertação com total dedicação e apoio e o Prof. Dr. José Roberto Delalibera Finzer que sempre proferiu a mim palavras de conforto, sensatez e maturidade em momentos de extrema importância, o que proporcionou a motivação necessária para o andamento dos estudos.

A todos os professores que se dedicam, lutam, incentivam e transformam o mundo. Em uma era em que o negativismo e acomodação se propagam, sinto-me abençoada por conhecer tantos educadores comprometidos com a profissão e com seus alunos.

Ao grupo Duratex que não mediram esforços para o desenvolvimento da pesquisa e da educação, contribuindo com as análises físicas para quantificar a qualidade das placas.

À FAPEMIG, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais pelo suporte dado a essa pesquisa por meio das taxas de bancada.

À CAPES, por apoiar o programa de pós graduação em Engenharia Química da Universidade de Uberaba.

Ao CNPq, pelo apoio aos eventos para apresentação de trabalhos envolvendo essa pesquisa.

À minha família e companheiro de jornada, que sempre estão ao meu lado, independente do momento em que eu me encontro. Vocês são os maiores e mais confiáveis pilares que tenho na vida.

À minha filha Manuela, que propaga luz e amor desde seu nascimento e me mostra todos os dias que temos muito a ensinar, mas temos muito mais a aprender.

Muito obrigada a todos!

RESUMO

A fundamentação teórica parte da necessidade de novas alternativas para os resíduos que podem ser processados para ampliação de valor agregado, possibilitando a obtenção de produtos com aplicabilidades específicas dentro da linha do desenvolvimento de Economia Circular. Na pesquisa utilizou-se amido de milho e resíduos de processamento de MDF em forma de serragem para formação de painéis e comparação com características do MDF comercial. Para suporte ao estudo utilizou-se como padrão, a norma brasileira ABNT NBR 15316-1, para comparar os parâmetros padronizados dos painéis de fibras, com os resultados obtidos neste estudo. Quanto às metodologias, tratamentos com ácido láctico, anidrido acético e por técnica de *annealing* foram aplicados, a fim de que ocorresse a alteração nas propriedades do amido de milho para posterior formação do adesivo. Foram realizadas etapas em escala laboratorial para possibilitar as transformações necessárias para o estudo. Os painéis foram formados no processo de prensagem à frio e à quente e realizou-se testes de tração, umidade, resistência e inchamento para a comparação com a placa convencional de MDF e testes de amilose, carboxila, carbonila, poder de inchamento e índice de solubilidade para verificar a modificação do amido. Os amidos modificados quimicamente sofreram modificação em sua estrutura, comparado com o amido *in natura*. A placa formada por serragem e amido modificado e não modificado apresentou parâmetros mais próximos do MDF, com tração perpendicular de 5,95 kg/cm². Observou-se que, embora as placas produzidas tenham menor capacidade de resistência que as placas de MDF usuais, elas são alternativas para utilizar parte do resíduo gerado para aplicação mais nobre e o adesivo colante se mostrou eficaz em formar os painéis e eliminar possíveis substâncias indesejáveis ao meio ambiente.

Palavras-chave: adesivos naturais; amido modificado; amilose; amilopectina; painéis de MDF.

ABSTRACT

The theoretical basis for this study is based on the need for new alternatives for waste that can be processed to increase added value, enabling the obtainment of products with specific applicability within the development of a Circular Economy. Corn starch and sawdust MDF processing residues were used for paneling and comparison with commercial MDF characteristics. To support the study, the Brazilian standard ABNT NBR 15316-1 was used as a standard to compare the standardized parameters of fiberboard with the results obtained in this study. As for the methodologies, treatments with lactic acid, acetic anhydride and annealing technique were applied in order to change the properties of corn starch for later formation of the adhesive. Laboratory scale steps were performed to enable the necessary transformations for the study. The panels were formed in cold and hot pressing processes and tensile strength, moisture, strength and swelling tests were performed to compare with conventional MDF plates and amylose, carboxyl, carbonyl, swelling power and solubility index to verify starch modification. Chemically modified starches have been modified in structure compared to starch in natura. The board formed by sawdust and unmodified modified starch presented parameters closer to the MDF, with perpendicular traction of 5.95 kg / cm². It was observed that, although the produced boards have lower resistance capacity than the usual MDF boards, they are alternatives to use part of the generated residue for a more noble application and the adhesive was effective in forming the panels and eliminating possible toxic substances.

Key words: modified starch; MDF panels; amylose; amylopectin; natural resins.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Sistema abrasivo com compartimentos múltiplos.....	6
Figura 2. Picador de disco inclinado.....	7
Figura 3. Esquema representativo da etapa de crivagem e lavagem da estilha.....	7
Figura 4. Classificador de fibras.....	10
Figura 5. Aplicação de adesivos para formação das placas.....	11
Figura 6. Formação da manta.....	12
Figura 7. Moagem do milho via seca.....	16
Figura 8. Moagem do milho via úmida.....	17
Figura 9. Polímeros de amido lineares e ramificados.....	19
Figura 10. Representação esquemática da microestrutura e fase de transição do amido durante a gelatinização.....	20
Figura 11. Modificações físicas da estrutura dos grânulos do amido.....	22
Figura 12. Reorganização das hélices moleculares antes e após a técnica de <i>annealing</i>	23
Figura 13. Esquema representativo da técnica de <i>annealing</i> – etapa difusão de deslizamento.....	24
Figura 14. Amido de milho modificado por ácido láctico.....	27
Figura 15. Modificação por anidrido acético.....	28
Figura 16. Técnica de <i>annealing</i>	29
Figura 17. Produção do adesivo.....	29
Figura 18. A) Formação da manta. B) Adição do adesivo no resíduo madeireiro.....	30
Figura 19. A) Inserção da mistura na prensa. B) Prensagem à frio para retirada da umidade.....	30
Figura 20. Aspecto do amido de milho modificado por ácido láctico.....	38
Figura 21. Etapa de peneiramento do amido de milho modificado por ácido láctico.....	38
Figura 22. Painel formado após prensagem e secagem.....	39
Figura 23. Painel formado após lixamento.....	39
Figura 24. Formação de espuma.....	39
Figura 25. Separação de fases – modificação com ácido láctico.....	40

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Países produtores de painéis de madeira reconstituída.....	4
Tabela 2. Painéis de MDF	4
Tabela 3. Temperatura de retrogradação.....	20
Tabela 4. Poder de inchamento	41
Tabela 5. Índice de Solubilidade	43
Tabela 6. Teor de amilose	43
Tabela 7. Teores de carbonila e carboxila referente aos testes de amido modificado.....	44
Tabela 8. Tração perpendicular amido não modificado.....	46
Tabela 9. Tração perpendicular do amido modificado por acetilação	46
Tabela 10. Tração perpendicular do amido modificado por ácido láctico.....	46
Tabela 11. Tração perpendicular do amido modificado por técnica de <i>annealing</i>	47
Tabela 12. Resultados dos testes de Umidade.....	48
Tabela 13. Comparação do poder de inchamento das placas	50

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	
1. INTRODUÇÃO	1
2. OBJETIVOS	2
2.1 OBJETIVO GERAL	2
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
CAPÍTULO 2	
3. REVISÃO DA LITERATURA	3
3.1 PLACAS DE FIBRA DE MÉDIA DENSIDADE – MDF	3
3.2 PROCESSO PRODUTIVO.....	5
3.2.1 Colheita	5
3.2.2 Descascamento	5
3.2.3 Crivagem e Lavagem da estilha	7
3.2.4 Cozimento da estilha	8
3.2.5 Secagem e Colagem	9
3.2.6 Pré-prensagem.....	12
3.2.7 Prensagem e cura	13
3.2.8 Resíduo.....	14
3.3 AMIDO DE MILHO.....	15
3.3.1 Processamento do milho	15
3.3.2 Amido	18
3.3.3 Propriedades do amido	19
CAPÍTULO 3	
4. MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
4.1 MATERIAL	26
4.1.1 Modificação química com Ácido Lático	26
4.1.2 Modificação química por Acetilação	27
4.1.3 Modificação física por técnica de <i>annealing</i>	28
4.1.4 Preparo do amido de milho modificado como substituição da resina sintética.....	29
4.2 PRODUÇÃO DE PLACAS	30
4.3 AVALIAÇÃO DAS PLACAS DE MDF	31

4.3.1	Densidade (d)	31
4.3.2	Umidade (U)	32
4.3.3	Inchamento (I)	32
4.3.4	Resistência à Tração Perpendicular	34
4,4	AVALIAÇÃO DA MODIFICAÇÃO DO AMIDO	34
4.4.1	Poder de inchamento e índice de solubilidade ...	34
4.4.2	Determinação de amilose.....	34
4.4.3	Determinação de carbonila.....	35
4.4.4	Determinação de carboxila	36
CAPÍTULO 4		
5.	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
5.1.	FORMAÇÃO DE ESPUMAS E SOBRENADANTE.....	39
5.2.	PODER DE INCHAMENTO (PI)	41
5.3.	INDICE DE SOLUBILIDADE (IS)	42
5.4.	AMILOSE	43
5.5.	CARBONILA E CARBOXILA.....	44
5.6.	TRAÇÃO PERPENDICULAR	46
5.7.	UMIDADE.....	48
5.8.	INCHAMENTO.....	49
CAPÍTULO 5		
6.	CONCLUSÃO.....	51
7.	SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	53
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS		54

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

O MDF ou placa de fibra de média densidade surgiu no começo da década de 70 do século passado. Contudo, o material tornou-se conhecido no Brasil em meados da década de 90, sendo utilizado em trabalhos manuais, movelarias, marcenarias, artesanatos e construção civil (BRITO, et al. 2012).

MDF é um produto oriundo da madeira e é ideal para sua substituição, por apresentar características que promovem ótimo acabamento e chapas resistentes (SILVA, 2006).

Nas indústrias que produzem este material, os resíduos são descartados no ecossistema ou são direcionados para queima, como forma de obter energia para o processo produtivo. As perdas do processo afetam a economia e a logística da empresa (IWAKIRI, 2000).

A crescente produção de painéis de MDF, bem como a necessidade de se reduzir as perdas do processo industrial deu ênfase à busca incessante de novas formas para o reaproveitamento do descarte (IWAKIRI e WEBER, 2015).

A preservação do meio ambiente é um dos temas mais discutidos por órgãos governamentais, já que, em contexto mundial, os impactos causados pelas indústrias devem ser reduzidos ao máximo, de forma a conservar a natureza (HEDLUND, 2013).

Uma das maneiras de se minimizar os impactos ambientais causados por geração de resíduos é efetuar o reprocesso das fibras de madeira ou produtos danificados residuais no fim da operação, de forma que todos se beneficiem – indústria, população e meio ambiente, utilizando aglomerados para reduzir impactos ambientais (DA SILVA e DE FIGUEIREDO, 2010).

Devido ao baixo custo e fácil acesso do amido de milho, tornou-se interessante utilizá-lo no processo como adesivo, *in natura* e modificado quimicamente e fisicamente. O amido tem inúmeras aplicações nas indústrias alimentícias, mas também está incluso em várias outras, como, indústria papelreira, têxtil, farmacêutica e de rações animais (MALI, et al. 2010).

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

Estudar uma tecnologia de formação de painéis com resíduos de MDF e amido de milho *in natura* e amido modificado quimicamente e fisicamente, a fim de propor uma forma de reaproveitamento do material residual das indústrias que trabalham com derivados de madeira.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- ✓ Fabricar painéis experimentais utilizando o amido de milho sem modificações;
- ✓ Modificar quimicamente o amido de milho utilizando ácido láctico;
- ✓ Modificar quimicamente o amido de milho por acetilação;
- ✓ Modificar fisicamente o amido de milho por técnica de *annealing*;
- ✓ Fabricar placas experimentais utilizando o amido de milho modificado e o amido de milho *in natura*;
- ✓ Realizar testes laboratoriais de tração perpendicular, umidade, resistência e inchamento para comparação das placas experimentais com placas de MDF tradicional;
- ✓ Realizar testes laboratoriais de índice de solubilidade, teor de inchamento dos grânulos do amido, índice de carbonila, índice de carboxila e teor de amilose para verificar a modificação do amido;
- ✓ Comparar os amidos modificados com o amido comercial.

CAPÍTULO 2

3 REVISÃO DA LITERATURA

Neste capítulo, são apresentados estudos do processo produtivo do MDF e seus resíduos, além das formas de descarte e maneiras de interagir o resíduo com o amido de milho de modo que seja viável o reaproveitamento do descarte gerado no processo industrial.

3.1 PLACAS DE FIBRA DE MÉDIA DENSIDADE - MDF

Desenvolvido no início da década de 60 e produzido em escala industrial na década de 70, as placas de fibra de média densidade (MDF) progrediram tecnologicamente ao decorrer dos anos e hoje é possível realizar painéis com espessuras elevadas e homogêneas. No Brasil, os painéis começaram a ser fabricados em 1997 (MATTOS, et al. 2008).

O MDF é formado principalmente a partir de fibras de madeira oriundas de desfibração das toras de madeira, aglutinadas com resinas à base de ureia-formaldeído, própria para tal uso e outros aditivos. A fabricação é feita com aquecimento e pressão, onde os ingredientes sofrem uma prensagem até atingir densidade entre 650 e 850 kg/m³ (BIAZUS, et al. 2016).

O MDF é capaz de substituir a madeira em certas ocasiões, por apresentar propriedades mecânicas favoráveis (coesão, resistência à flexão e ao arranque do parafuso), estabilidade dimensional, superfícies estáveis e boa isotropia (SILVA, 2015).

Os painéis de fibra possuem ampla diversidade de uso, praticidade, custo relativamente baixo e são encontrados em diversas espessuras, crus ou acabados, revestidos ou não. Por estas e outras qualidades, a popularidade do MDF vem aumentando gradativamente (ROQUE; VALENCA, 1998).

Além do seu custo-benefício, as placas possuem características estéticas agradáveis à grande parte da população, como cores e texturas. Os maiores produtores industriais de MDF são descritos na Tabela 1. De 2017 para 2018, o consumo e a produção de painéis de madeira teve uma ascendência no Brasil, como pode ser visto na Tabela 2.

Tabela 1 – Principais países produtores de painéis de madeira reconstituída e sua produção em milhões m³ no ano de 2017.

	País	Produção Milhões (m³)
1º	China	83,6
2º	Estados Unidos	19,3
3º	Alemanha	10,6
4º	Canadá	9,9
5º	Rússia	9,2
6º	Turquia	9,2
7º	Polônia	8,2
8º	Brasil	7,3
9º	França	4,9
10º	Tailândia	4,9

Fonte: Indústria Brasileira de Árvores (IBA 2017).

De acordo com a Abipa – Associação Brasileira de Indústria de Painéis de Madeira, estima-se que o crescimento anual de produção para 2019 será de 6%.

Tabela 2 – Crescimento anual de painéis de MDF no período de 2017 para 2018.

Painéis de madeira	Janeiro-Março/ Janeiro-Março		
	2017	2018	Variação (%)
Vendas domésticas (milhões m³)	1590	1638	3
Exportações (milhões m³)	284	308	8,5
Importações (milhões m³)	1	2	100
Consumo aparente (milhões m³)	1591	1640	3,1

Fonte: ABIPA – Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira.

Até a década de 2000, a produção de MDF era somente para o consumo interno. A partir de então, iniciou-se a exportação. De acordo com o relatório anual IBÁ (2017) no ano de 2016 as exportações já representavam uma parte significativa da produção (14%).

3.2 PROCESSO PRODUTIVO

3.2.1 Colheita

Para o processo produtivo deve-se pré-selecionar a madeira de acordo com os setores à que a mesma se destina, podendo ser para alimentação da caldeira, com o intuito de gerar energia ou para a produção das placas de MDF (BOM, 2008).

O armazenamento da matéria-prima, inicialmente, deve ser em locais próximos a fábrica, para que não ocorra intermediação nos transportes, com lugares acessíveis e de fácil locomoção. A organização da colheita deve ser adequada, de modo que não haja perda no processo, as madeiras sejam separadas adequadamente e os trabalhadores fiquem em segurança (BATISTA, 2014).

O transporte da madeira é feito através de vias ferroviárias, fluviais e rodoviárias, sendo esta última, a mais utilizada. A madeira é transportada através de toros ou estilhas, para maior facilidade no processamento da matéria. Para o processo industrial, não se pode ultrapassar 45 dias após o corte para o início da produção, para que a madeira não se deteriore ou gere fibras de qualidade inferior à pretendida (REMADE, 2003).

Já na fábrica, a madeira é armazenada em pilhas separadas por uma distância de 4 a 6 m, formando assim um caminho onde está montada uma rede de hidrantes, para prevenção contra incêndios, onde é conservada até entrar em processo fabril. Além disto, as pilhas devem ser estocadas a 8 metros de prédios, 10 metros de campos e 12 metros de florestas (KLOCK; DE ANDRADE; HERNANDEZ, 2013).

3.2.2 Descascamento

Após estarem empilhados nos pátios, os troncos seguem para descascamento, já que possuem 10% do seu peso relativo às cascas. Esta etapa pode ser realizada através de três sistemas: sistema abrasivo, sistema hidráulico ou sistema mecânico (BOM, 2008).

No sistema abrasivo, o descascamento ocorre através do atrito entre as toras e as paredes do tambor rotativo, com o auxílio de entrada de água contínua no sistema para lavagem e remoção das cascas resultantes, observe a Figura 1.

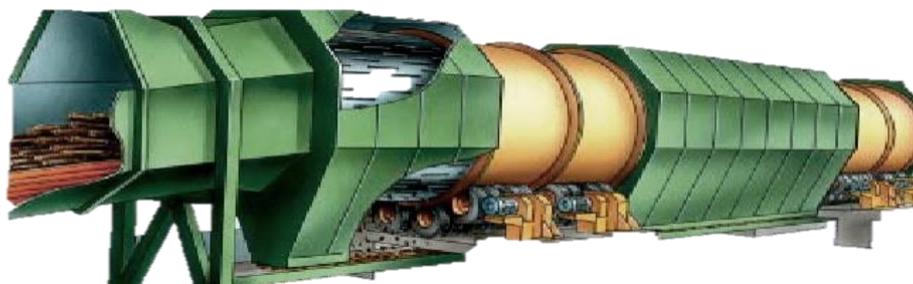


Figura 1. Sistema abrasivo com compartimentos múltiplos.
Fonte: Klock; De Andrade; Hernandez, 2013.

No sistema hidráulico, a remoção da casca é realizada através de jatos de água a altas pressões (30 – 150 kgf/cm²). No sistema mecânico, utilizam-se facas rotativas e a separação ocorre em conjunto com um sistema de cisalhamento (BELINE, et al. 2014).

No geral, os troncos de madeiras são introduzidos no sistema através de uma mesa de alimentação e a eficiência da retirada das cascas é em função da forma, da geometria da madeira, do atrito gerado e do consumo de energia no sistema (LOPES, 2014).

As cascas retiradas servem para geração de energia na produção, sendo estas enviadas para as caldeiras e sua eficiência depende da espécie de madeira, percentagem de umidade e caracterização das mesmas (BELINE, et al. 2014).

Já os toros retirados no sistema, sem cascas, seguem para a produção de cavacos. A madeira então é submetida a um detector de metais para evitar danos no equipamento. No processo de estilhagem, os toros são picados em dimensões definidas e transportados para armazenagem em silos em ambiente livre e com existência de piso (ALBURQUEQUE, 2010).

A movimentação das estilhas deve ser frequente, para que não exista risco de combustão espontânea devido ao aquecimento causado pela fermentação no centro da pilha (SILVA, 2003).

Para produção de MDF, utiliza-se picador de disco Inclinado (Figura 2), com alimentação horizontal de estilhas, ângulo de corte de 45° e velocidade constante e uniforme. As madeiras entram num ângulo de 90° relativamente ao tambor e são cortadas em direção das fibras, com dimensões apropriadas para posterior produção das placas (SAEZ, 2015).

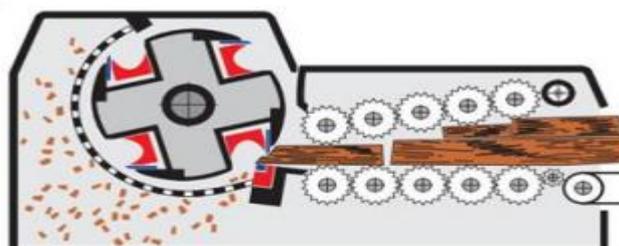


Figura 2. Picador de disco inclinado.

Fonte: IWAKIRI (2005).

3.2.3 Crivagem e Lavagem da estilha

Após a estilhagem, a matéria segue por telas transportadoras que possuem crivos vibratórios, onde as estilhas são classificadas como ideal, grossa ou fina (Figura 3). A estilha ideal possui uma dimensão pré-determinada, proporcionando maior rendimento ao sistema processual. A estilha grossa é re-processada até se tornar ideal, para que não interfira no processo. Já as estilhas finas são direcionadas para o sistema de geração de energia térmica (LOPES, 2014).

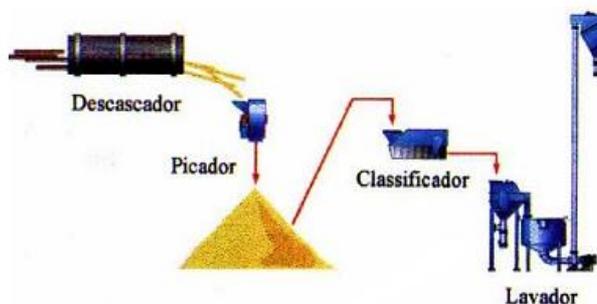


Figura 3. Esquema representativo da etapa de crivagem e lavagem da estilha.

Fonte: Lopes (2014).

3.2.4 Cozimento da estilha

Na operação de cozimento, a estilha é transportada para um pré-aquecimento no vapor a baixa pressão (3 bar) e temperaturas entre 80-90°C, a fim de umidificá-la. A mesma sofre compressão por meio de um parafuso cônico de modo a reduzir sua área de seção transversal para entrada no digestor e evacuação de parte da água presente nas fibras. Em seguida, a estilha passa por cozimento em digestor a altas temperaturas (170 a 200°C) e pressões (7 a 9 bar), no tempo de 1 a 5 minutos (DOS SANTOS, 2010).

Nesta etapa as ligações entre as fibras e a lignina fortemente aderidas são parcialmente quebradas, preparando a estilha para a próxima fase do processo. Durante todo o cozimento, as variáveis temperatura, pressão, tempo, distância dos discos dos desfibrados e entrada de ar devem ser rigidamente controladas. Após o cozimento, ocorre o desfibramento da madeira, que é o momento em que a madeira se converte em fibra. Este sistema pode ser por via mecânica, termomecânica, químico-mecânica ou de explosão (FOELKEL, 2009).

No sistema mecânico, as estilhas sofrem ação abrasiva e a madeira é desfibrada. Em outro meio, os toretes são transformados em cavacos e passam por moinhos de disco sofrendo desfibrilação (LOPES, 2014).

No processo termomecânico, os cavacos passam por aquecimento a vapor e pressão em tempo estipulado (30 minutos) e sofrem o desfibramento, ou a altas pressões e temperaturas com o tempo reduzido (20 a 60 segundos) passando por moinhos de discos para se converter em fibra. Este é o convencional, possuindo menor custo de conversão, maior rendimento e maior uniformidade da polpa (HYODO, 2009).

Já no sistema químico-mecânico, os cavacos são tratados com hidróxido de sódio ou sulfito neutro, em digestor, passando por moinho de discos. É menos recomendável por possuir menor eficiência (70 a 85%), causar problemas corrosivos nos equipamentos e, automaticamente, possui um custo maior, já que é utilizado substâncias químicas (KLOCK; DE ANDRADE; HERNANDEZ, 2013).

No processo de explosão ocorre uma despressurização repentina nos cavacos e conseqüentemente seu desfibramento. Isto ocorre em altas

pressões e rápidos períodos de tempo. Sua eficiência é em torno de 80% e os cilindros do equipamento devem possuir diâmetro e alturas maiores que do dos métodos anteriores (FIGUEIREDO, 2008).

3.2.5 Secagem e Colagem

No final das etapas, a fibra é descarregada numa abertura situada na caixa de discos sendo enviada para a etapa de secagem e colagem. Após o desfibramento, a estilha forma lascas, pós, pacotes de fibras e pedaços grossos. As fibras que seguem para a próxima etapa são as que não são as ideais (DOS SANTOS, 2010).

A classificação das fibras (Figura 4) é realizada por classificador pneumático ou de peneiras. Neste sistema as partículas são separadas em peneiras com vibração horizontal e inclinadas, com base nas dimensões das partículas. Já por ar/pneumático, é realizada a separação devido à diferença de massa das partículas. Além da classificação, o equipamento tende a evitar aglomerados de madeira, metais e grumos de resina (PICCARDI, 2013).

Após a saída do material no sistema, realiza-se a adição de cola, formando a manta interna e externa. O contato entre resina e fibra é feito para que exista força de coesão adequada entre as matérias e umidificação das fibras. Fatores importantes nesta etapa são o controle da quantidade de adesivo - 6 a 12% - e a uniformidade de distribuição sobre as partículas (EUGENIO, 2016).

As resinas mais utilizadas nos dias atuais são compostas de ureia-formaldeído, melanina-formaldeído e fenol-formaldeído. Estas resinas são derivadas de combustíveis fósseis, e apresentam resistência à umidade e imunidade ao ataque de microrganismos (BARROS, 2009).

Os adesivos à base de ureia-formaldeído apresentam coloração clara. Possuem como desvantagem a liberação de formaldeído na prensagem a quente e vem sendo muito discutido por órgãos de controle ambiental, pois o formaldeído é altamente tóxico (GAVA, 2014).

Os adesivos à base de melanina-formaldeído são normalmente do tipo de cura a quente (115°C a 160°C), similar à ureia-formaldeído. A emissão de formaldeído é causada pelo excesso de compostos liberado pelos adesivos. A

liberação ocorre pela quebra das ligações na resina devido a grande exposição à umidade (FREIRE, et al., 2015).

A melanina possui algumas vantagens como: maior resistência à água e possibilidade de cura sem catalisador, e como desvantagens, alto custo de produção, pequena vida útil em solução aquosa e impossibilidade de prensagem a frio (SILVA, 2013).

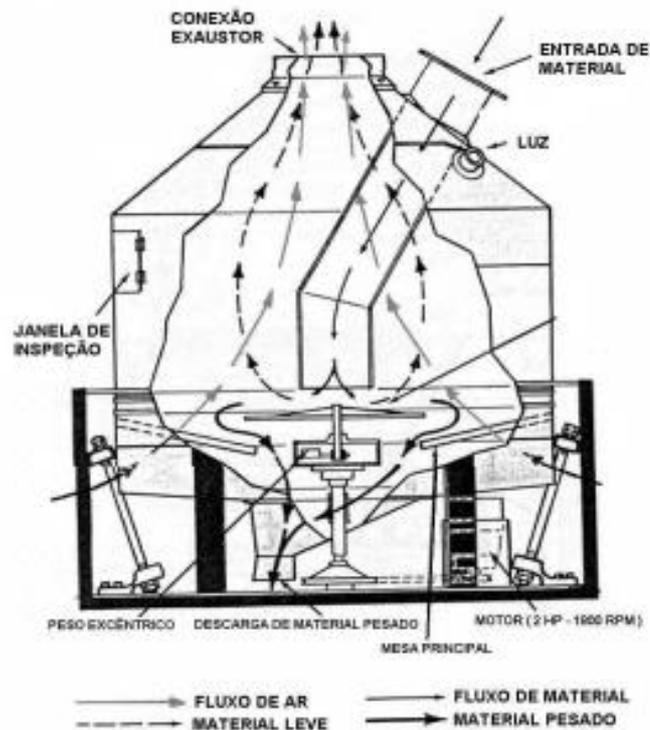


Figura 4. Classificador de fibras.

Fonte: Bom (2008).

Para aplicação do adesivo, como pode ser visto na Figura 5, existem sistemas de aplicação por rolos, que permite a variação da viscosidade do adesivo, contudo tem como desvantagem uma aplicação desuniforme (MENDES, et al. 2007).

Outra possibilidade de aplicação das resinas é por bicos aspersores, os quais são mais utilizados por possuírem distribuição uniforme. Este último deve ter limpeza constante, para evitar entupimento. Uma grande desvantagem é que o mesmo tem a temperatura e a viscosidade das resinas como parâmetros difíceis de serem controlados (PIERRE, 2010).

A secagem das fibras é efetuada como descrito a seguir: as fibras são secas em secadores do tipo ciclones com passagem de corrente de ar quente proveniente das caldeiras, sendo o combustível gás, óleo ou resíduos de madeira. Pode ser empregado em indústrias, secadores de múltiplos estágios, para melhorar a eficiência do processo (MARINHO, 2012).

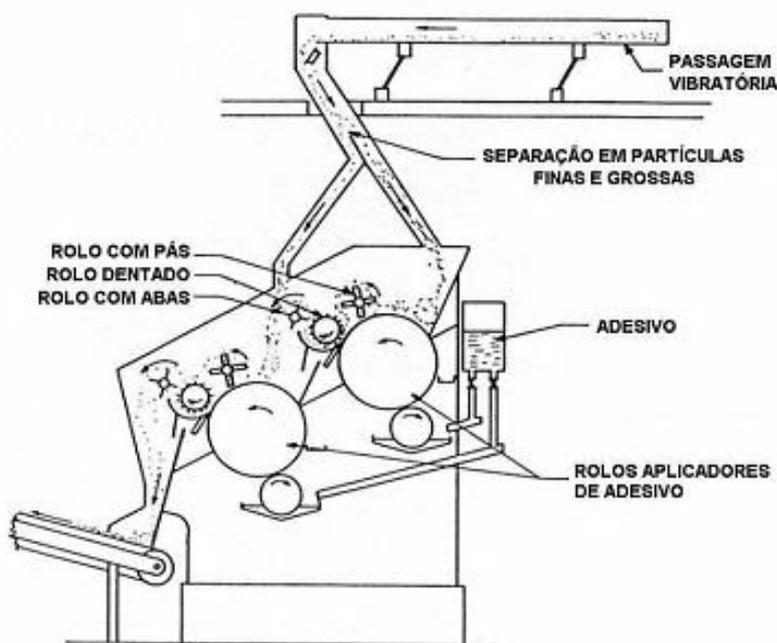


Figura 5. Aplicação de adesivos para formação das placas.

Fonte: Bom (2008).

Os parâmetros de controle são temperatura, velocidade do ar e concentração, além do tempo de secagem que tem relação com a densidade da madeira, espessura das partículas, umidade inicial e umidade final do processo (WATAI, 1987).

Durante a etapa de secagem não há perda do material resinoso, mas pode ocorrer pré-cura. Para que não ocorra contaminação da matéria, descoloração, sedimentação ou explosão no secador, os parâmetros devem ser rigidamente controlados, como: encolagem, ar quente, geometria da fibra e umidade (MARTON, 2014).

3.2.6 Pré-prensagem

Após a passagem pelo ciclone, a fibra é descarregada para um silo de fibra de onde segue para a linha formadora da manta através de esteiras (FRANÇA, 2015).

As unidades de formação são constituídas de calha de distribuição, câmaras dosadoras e rolos para desintegração, espalhamento e uniformização e possuem como objetivo a distribuição da fibra, sendo elas feitas através de distribuição aleatória, se tornando homogênea, de multicamadas ou graduadas, ou realizadas por distribuição orientada (PIEKARSKI, 2013).

Esta é uma das etapas mais importantes no processo, pois em sua falha ocorrem zonas porosas no painel e danos à prensa. A altura do colchão formado varia de acordo com a densidade e espessura do material (ARAUJO, 2016).

Quanto maior a densidade do painel ou a espessura do mesmo, maior a altura do colchão. E quanto menor a densidade da madeira, menor a altura do colchão, observe a Figura 6 (BELONE, 2010).

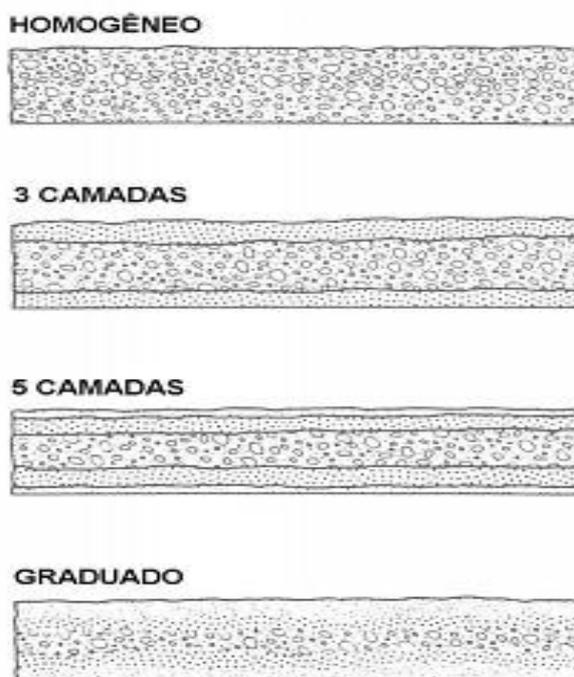


Figura 6. Formação da manta.

Fonte: Batista (2014).

Após a formação da manta, segue-se para a pré-prensagem, com o intuito de retirar o ar entre os espaços vazios da fibra através de um conjunto de rolos de compressão e realizados por pressurização (BUENO, 2014).

Esta etapa intensifica a compressão das fibras e evita perdas de umidade. É nesta fase, também, que se define a espessura do colchão, já que a abertura da pré-prensa, controla a pressão da mesma (BELONE, 2010).

3.2.7 Prensagem e cura

Na prensa contínua, há um sistema de prensagem hidráulica, que interfere na pressão, e um sistema de óleo térmico que transfere calor e temperatura à operação. Os parâmetros estipulados no início do processo, assim como o tempo, devem ser rigidamente controlados, pois é nesta etapa que se forma a placa de MDF. Nesta etapa ocorre a descarga direta de gases na atmosfera, sendo uma das etapas que mais prejudicam o meio ambiente (DOMINGOS, et al. 2016).

Após a etapa de prensagem a cura da cola não está completa. A umidade não está completamente distribuída na placa e há o risco de hidrólise durante o armazenamento das placas quentes, podendo amarelar o produto ou desintegrar. Logo, se torna necessário os painéis serem arrefecidos (ALMEIDA, 2006).

O tempo que um determinado painel permanece neste procedimento pode variar de 2 a 80 minutos, dependendo da espessura do mesmo. O equipamento denominado volteador, serve para resfriar os painéis (WEBER, 2011).

Após a saída do volteador, o painel passa por calibração, para que as imperfeições resultantes das etapas anteriores sejam niveladas. Neste processo utiliza-se lixa de 60 grãos/mm² (WEBER, 2011).

Ao sair da linha de formação, os painéis são direcionados a armazéns e protegidos de intempéries, colocados horizontalmente e com uma quantidade adequada de separadores para estabilização (BARROS, 2013).

Após sete dias, os painéis seguem para lixamento e polimento e depois, são direcionados à área de corte, onde se torna pronto para uso, com padrões

estabelecidos de acordo com a necessidade do mercado (DA SILVA; DE FIGUEIREDO, 2010).

3.2.8 Resíduo

A resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) nº313 de 29 de outubro de 2002, disposta pelo ministério do meio ambiente é a norma que rege os resíduos sólidos industriais. De acordo com a mesma, é obrigatório conhecer todas as etapas do processo que gerou tal resíduo, de forma a aperfeiçoar o processo sem interferir no mesmo com o intuito de minimizar a geração de resíduos. O objetivo é reduzir, reutilizar, reciclar e recuperar (OLIVEIRA, 2017).

O resíduo sólido de madeira (cavacos, lascas, maravalha, pó de serra, retalhos e serragem) é considerado de baixo índice de poluição ambiental. Contudo, suas grandes áreas de armazenamento, tornam-se um grande problema para o meio ambiente e as indústrias, já que a queima dos resíduos liberam gases que poluem o meio ambiente (GONÇALVES, 2016).

Grande parte do resíduo fica no ecossistema e o reaproveitado é usado como fonte de energia térmica, vendidos ou doados, não possuindo valor econômico agregado, prejudicando a gestão industrial. As principais atividades para o resíduo sólido são: geração de energia térmica, forração de granjas e adubação (FARAGE, et al. 2013).

Nas indústrias, em geral, os problemas com geração de energia são constantes. Por isso, os vários estudos sobre a utilização de energia renovável, já que se tornou necessário encontrar matrizes energéticas sustentáveis e que atenda a crescente demanda mundial (GONÇALVES, 2016).

A serragem do MDF, não tem utilidade, sendo completamente descartada. Há estudos sobre a utilização da mesma para reaproveitamento como matéria-prima em fabricação de chapas de aglomerados, interferindo diretamente na redução de impactos ambientais, trocando energia com a natureza (QUIRINO, 2004).

3.3 AMIDO DE MILHO

3.3.1 Processamento do milho

O milho é um cereal que apresenta grande diversidade mundial e é utilizado amplamente no meio industrial. De modo geral, utilizam-se grãos secos para o processamento do milho (BORGES, 2016).

Os tipos mais comuns de processamento do milho são moagem por via seca, moagem por via úmida, extrusão ou utilização do milho verde *in natura*.

Para produção, o milho deve ser colhido nas primeiras horas do dia e resfriado logo após a colheita a vácuo, em temperaturas abaixo de 10°C até atingir 0°C para seguir para industrialização. Em todo o processo, o milho deve estar à temperatura inferior a 35°C e umidade entre 16 e 17% (MARQUES, 2016).

Na moagem via seco (Figura 7), o grânulo passa por etapa de limpeza e secagem até atingir 12% de umidade, para posterior separação do gérmen e endosperma. O endosperma passa por moagem e é classificado através de peneiras moleculares para obtenção de produtos finais. Já o gérmen passa por processo de extração, para obtenção de óleos e farelo (GONÇALVES, et al. 2003).

A moagem via úmido do milho (Figura 8) é a etapa em que se utiliza água para separação das partes: pericarpo, gérmen, amido e proteína. Neste processo o milho passa por limpeza, onde ocorre a remoção de palhas e sabugos através de peneira, eletroímãs e escoamento de ar, e posterior secagem (MEDEIROS; DA SILVA, 2017).

Na maceração, o milho é colocado em tanques de inox, no tempo de 1 a 2 dias, com água aquecida de 51 à 54°C e dióxido de enxofre de modo que evite crescimento bacteriano excessivo e ocorra a separação em gérmen, fibra e endosperma, este último resultando na separação do amido e glúten (MUSSOLINI, 2009).

A separação do amido do glúten é realizada por centrifugação usando a diferença de densidade. O glúten é vendido para ração, enquanto a amido e as proteínas remanescentes, passam por etapa de lavagem e centrifugação para separar amido e proteína. Por via úmida os produtos resultantes da

continuidade do processo são: amido de milho, amidos modificados, dextrina, xaropes de glicose e maltose, licor de milho, gérmen, glúten e fibras (MANENTE, 2003).

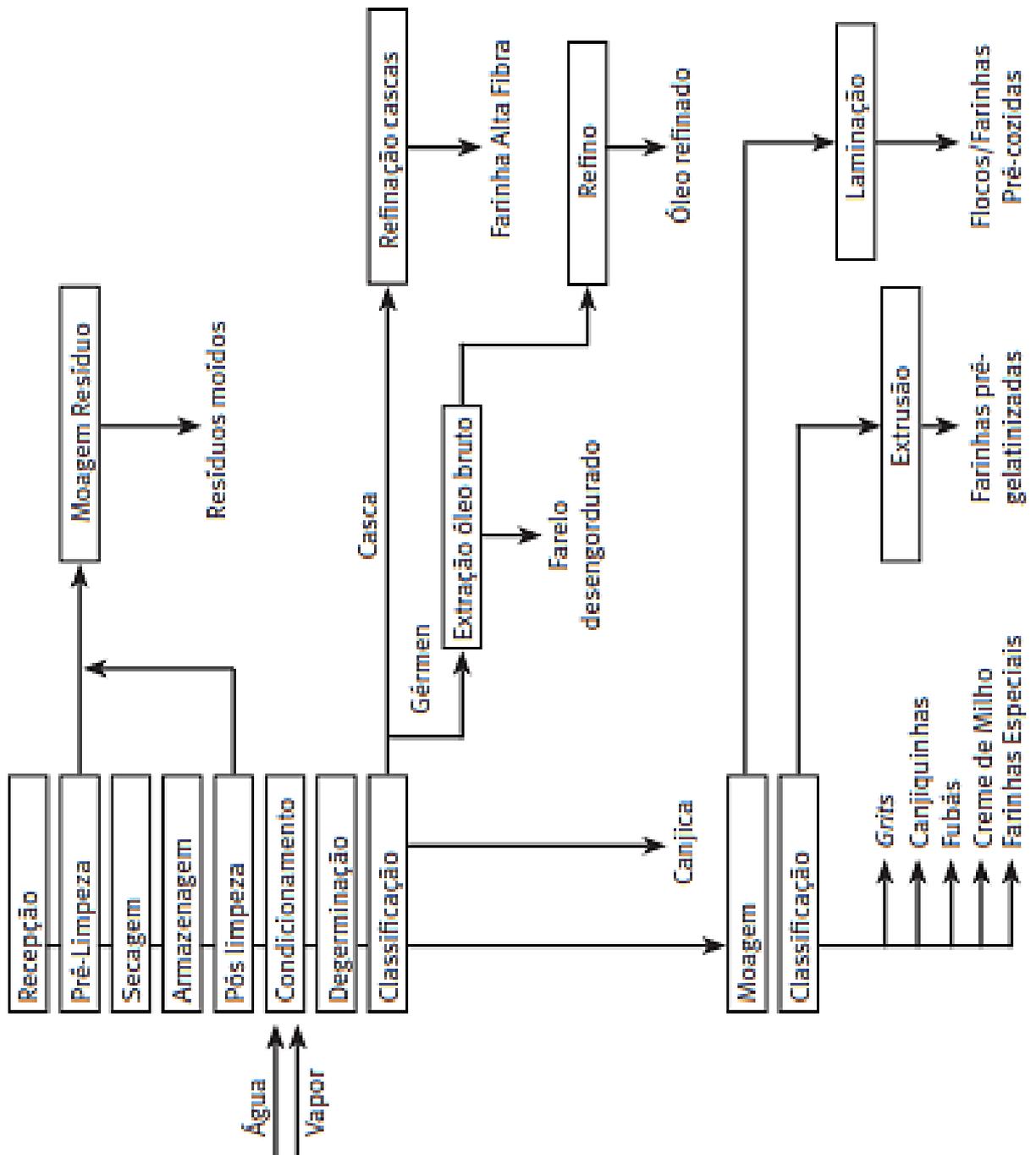


Figura 7. Moagem do milho via seca

Fonte: Medeiros; Da Silva (2017).

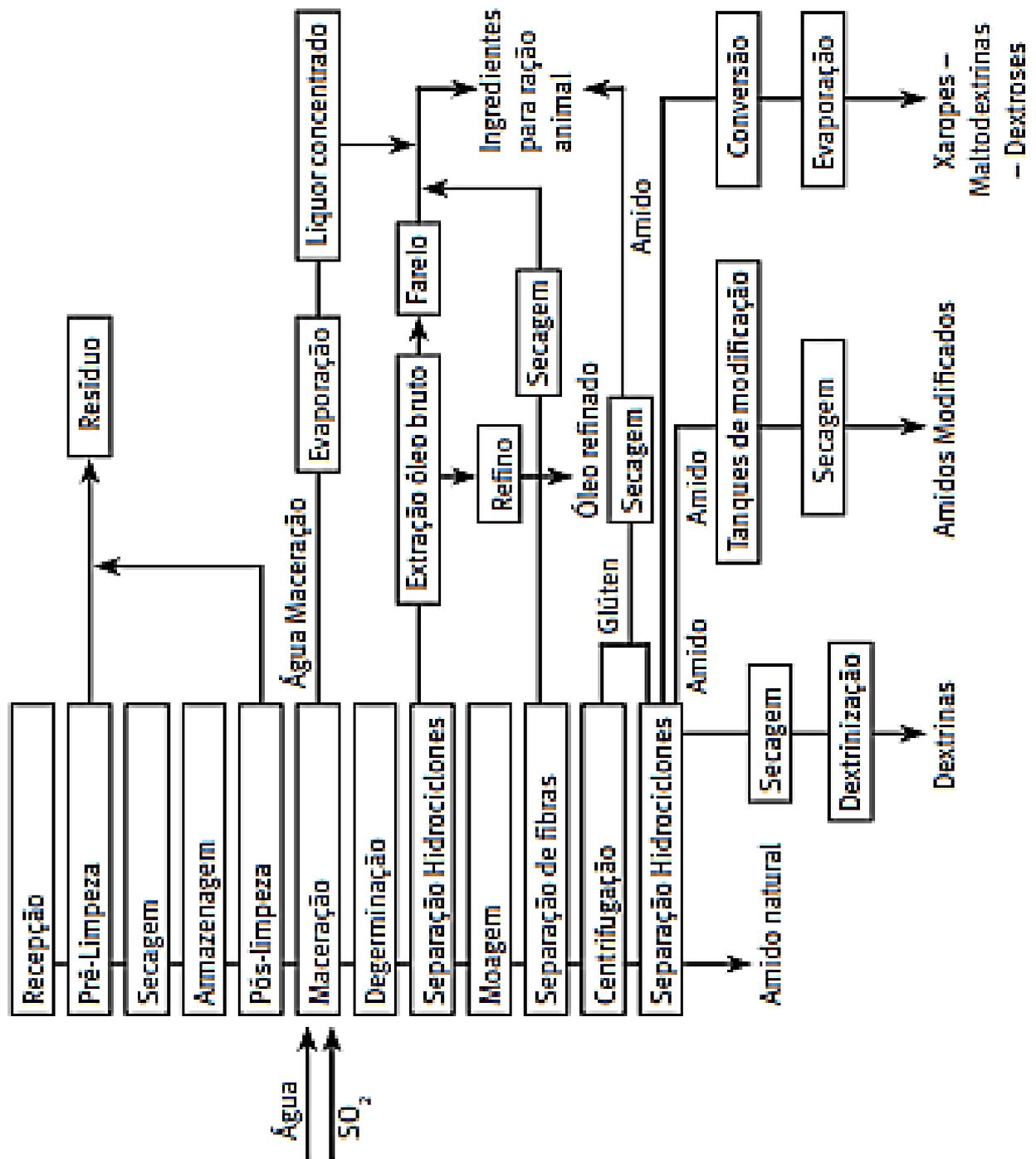


Figura 8. Moagem do milho via úmida.

Fonte: Medeiros; Da Silva (2017).

3.3.2 Amido

A Resolução RDC nº 263 de 2005 define amido como “o produto amiláceo extraído de partes comestíveis de cereais, tubérculos, raízes ou rizoma” (ANVISA, 2005).

O amido, abundantemente encontrado na natureza, é amplamente utilizado nas indústrias, seja no setor alimentício por seu poder nutricional, poder calorífico e estabilidade das propriedades físico-químicas das pastas ou nos setores tecnológicos, sensoriais, mineração, construção, papel, têxteis e estéticos. Sua principal função é o espessamento, tendo como características tecnológicas a dilatância, gelatinização, retrogradação e claridade das pastas (MURPHY, 2000).

As principais matérias-primas mundiais de amido são milho, batata, batata doce e mandioca, sendo o amido de milho o mais produzido mundialmente. O amido é encontrado nas células de polissacarídeos de origem vegetal e denominadas grânulos. Quimicamente, o amido é composto por unidades de α -D-glicose (RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

O amido é composto pela macromolécula amilose, que possui cadeias lineares de α -D-glicoses unidas por ligações (α 1-4) contendo entre 350 a 6000 unidades de glicose em sua estrutura e pela macromolécula amilopectina que apresenta uma estrutura ramificada, constituída por cadeias lineares de 20 a 30 unidades de α -D-glicoses, unidas em α 1-4 com cerca de 5% de ligações glicosídicas α 1-6. Essa macromolécula possui uma quantidade de glicose bem maior que a macromolécula de amilose, girando em torno de 10 a 500 mil unidades, como está representado na Figura 9 (FRANCO, et al., 2002; RIBEIRO; SERAVALLI, 2004).

Os grânulos de amido são estruturas semicristalinas e se tornam cristalinas quando as macromoléculas de amilose (linear) e amilopectina (ramificada) associadas através de pontes de hidrogênio se tornam paralelas (YONEMOTO, 2006).

Os amidos possuem zonas amorfas e cristalinas e sua cristalinidade, que depende principalmente das macromoléculas de amilopectina, variam entre 15-45% e podem ser apresentados em vários padrões medidos através da difratometria do raio-X.

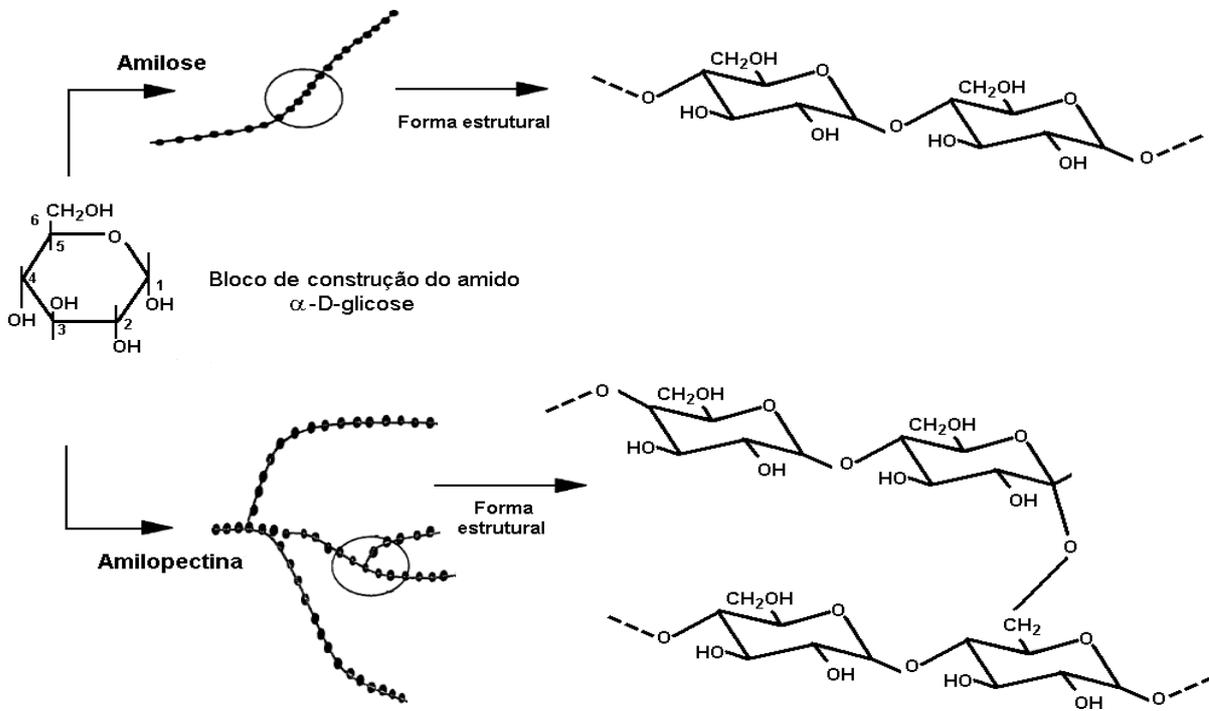


FIGURA 9. Polímeros de amido lineares e ramificados.
Fonte: MURPHY (2000).

3.3.3 Propriedades do amido

O amido é insolúvel em água fria. No processo de dilatância o grânulo do amido tem capacidade limitada de absorver água, ocorrendo inchamento - dado pela massa do grânulo intumescido, em uma dada temperatura, em relação à massa do grânulo seco - e formando suspensões (TEIXEIRA, 2002).

O grânulo do amido tem capacidade limitada de absorver água fria por conter estruturas cristalinas fortemente ligadas (Figura 10). Quando as moléculas iniciam um processo vibratório intenso sob aquecimento, ocorre a quebra das pontes de hidrogênio e os grupos hidroxilas das glicoses das áreas cristalinas são hidratados. Nesta etapa o grânulo intumescer e a viscosidade aumenta (FREITAS, 2004).

Na retrogradação, ocorre a reaproximação das moléculas pela redução de temperatura durante o resfriamento do gel ou armazenamento, formando novamente as pontes de hidrogênio e liberação da água existente entre as

moléculas (sinérese). Amidos com altas tendências retrogradativas produzem pastas mais opacas. Em alguns produtos, a retrogradação conduz à baixa estabilidade e menor resistência à tensão de cisalhamento, pH, pressão e mudanças de temperatura durante processos tecnológicos (SIKORA et al., 2004).

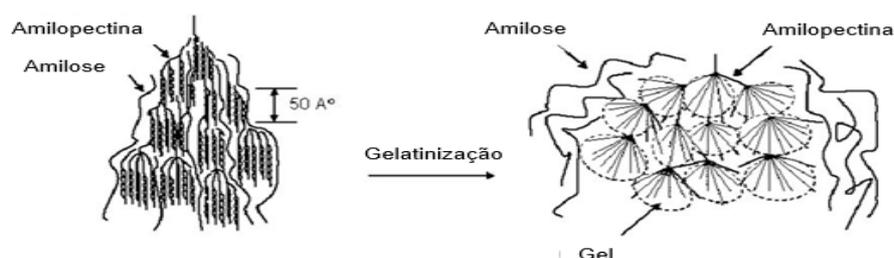


Figura 10. Representação esquemática da microestrutura e fase de transição do amido durante a gelatinização.

Fonte: Klock; De Andrade; Hernandez (2013).

As temperaturas de retrogradação de amidos de diversos vegetais são descritas na Tabela 3.

A amilose tem maior tendência a retrogradação nos amidos. Já a amilopectina, possui papel importante na retrogradação durante armazenamento refrigerado (SINGH et al., 2003).

Tabela 3. Temperatura de retrogradação.

Origem do amido	Temperatura (°C)
Batata	56 – 66
Mandioca	58 – 70
Milho	62 – 72
Trigo	52 – 63
Arroz	61 – 77

Fonte: Klock; De Andrade; Hernandez (2013).

No mercado, existem três tipos de amido mais utilizados: resistente, modificado e pré-gelificado. O amido resistente pode ser considerado fisicamente inacessível quando a forma física do alimento pode impedir o acesso da amilase pancreática e diminuir a digestão do amido. Como amido

resistente, quando a fórmula de grânulos influencia na digestão ou como amido retrogrado, neste o amido é submetido à tratamento com calor e umidade, ocorrendo gelatinização do grânulo, tornando-o digerível. As três formas são encontradas na dieta humana, sendo o mais comum o amido retrogrado, por passar por modificações (TAPARELLI, 2005).

A amido modificado em alimentos serve para promover espessamento, retenção, estabilidade, aspecto e opacidade. Como desvantagem industrial, suas características próprias de pH, temperatura e taxas de cisalhamento tornam a matéria pouco prática, já que a temperatura e sua velocidade são extremamente difíceis de serem controladas, pois influenciam de forma direta na viscosidade do produto, podendo torna-lo insuficiente ou com excesso de cozimento (FREITAS,2004).

Existem técnicas que modificam o amido e são mais fáceis de aplicar à nível industrial, como o processo de ligação cruzada (também chamado de reticulação), a substituição (ou estabilização) e a conversão (TEIXEIRA,2002).

O tratamento por ligações cruzadas controlam a textura do material, além de proporcionar tolerância ao aquecimento, acidez e agitação, sendo mais fácil de utilizar o material em formulações e processos. Os agentes mais utilizados na modificação são o fosfato e ácido adípico (SRIROTH et al., 2002).

O tratamento por estabilização propicia maior viscosidade à pasta de amido e possui pouca resistência ao cisalhamento, podendo ocorrer retrogradação e/ou sinérese. Os reagentes mais comuns são anidrido succínico, anidrido acético e óxido de propileno (SIKORA et al., 2004).

No processo de conversão, os amidos podem ser convertidos com ácidos, oxidantes, calor ou enzimas com o intuito de formar polímeros com baixa viscosidade. Há também modificações físicas, podendo ser por pré-gelatinização ou tratamento com calor (SANGSEETHONG et al., 2002)

Reações químicas como hidrólise ácida, oxidação, acetilação, esterificação e eterificação são bastante usadas para modificar o amido (SIKORA et al., 2004).

O tratamento térmico evita o uso de reagentes químicos, podendo ser utilizado de forma que o amido seja aquecido além do ponto de gelatinização ou aquecido abaixo do ponto de gelatinização por longo período de tempo. Neste tratamento, o amido mantém suas propriedades de cozimento, sendo

chamados apenas de amido e não de amido modificado. O amido pré-gelificado é mais miscível em água ou leite, sendo parcialmente ou totalmente solúveis em água fria ou quente (DOMENEZ, 2016).

Outras modificações físicas possuem como princípio o tratamento hidrotérmico, sendo os mais comuns o calor-úmido (*heat-moisture*) e a técnica de *annealing*. O calor-úmido é feito em altas temperaturas e baixas umidades, enquanto o *annealing* é processado em temperaturas razoáveis e alta umidade (Figura 11) (DOMENEZ, 2016).

A técnica de *annealing* modifica o grânulo de amido sem alterar sua forma. Para isto é necessário que o amido seja suspenso a 40 a 65% de umidade em uma temperatura entre 45 e 60°C, durante certo tempo.

Segundo Domenez (2016), as modificações dos grânulos de amido podem ocorrer através de duas etapas. A primeira, chamada perfeição cristalina, consiste na fusão, modificação e recristalização de cristais, formando cristais maiores e homogêneos, ocorrendo novas interações intermoleculares, diminuindo suas variações e modificando a zona amorfa do grânulo. A Figura 12 representa a reorganização promovida pelo *annealing*.

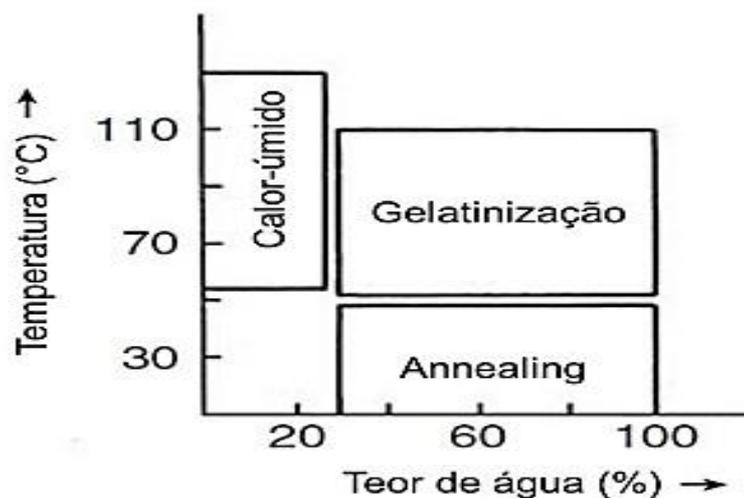


Figura 11. Modificações físicas da estrutura dos grânulos do amido

Fonte: BEMILLER e WHISTLER, 2010.

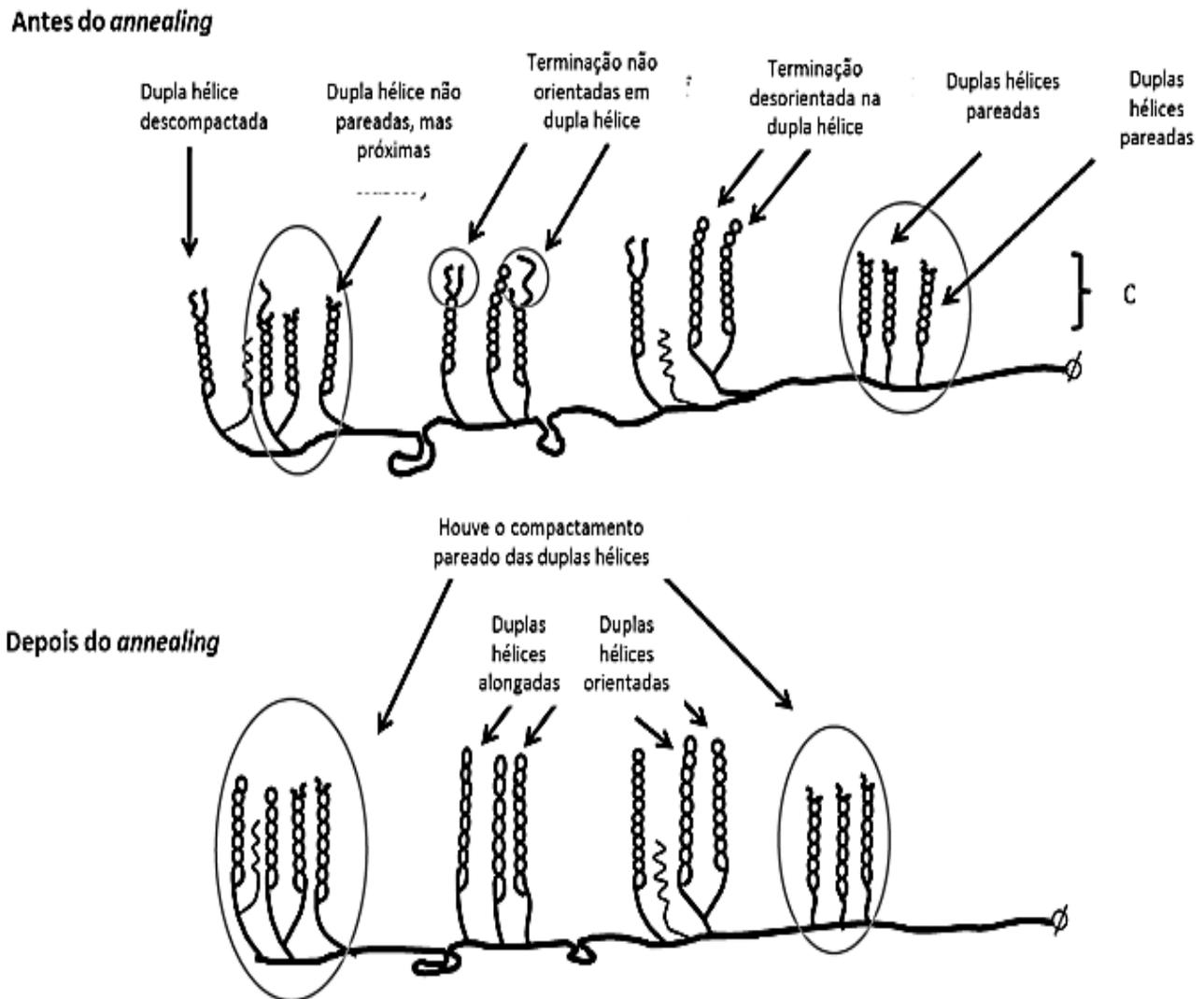


Figura 12. Reorganização das hélices moleculares antes e após a técnica de *annealing*.

Fonte: BEMILLER e WHISTLER, 2010.

A crescente valorização das características funcionais existentes nos amidos nativos e das formas de modificar o amido para aplica-los em indústrias reflete o interesse da sociedade mundial por produtos mais naturais e com processo de produção que cause o mínimo impacto ambiental (FREITAS, 2004).

A segunda opção (Figura 13) - difusão de deslizamento – é quando a região amorfa absorve água e o grânulo se entumece.

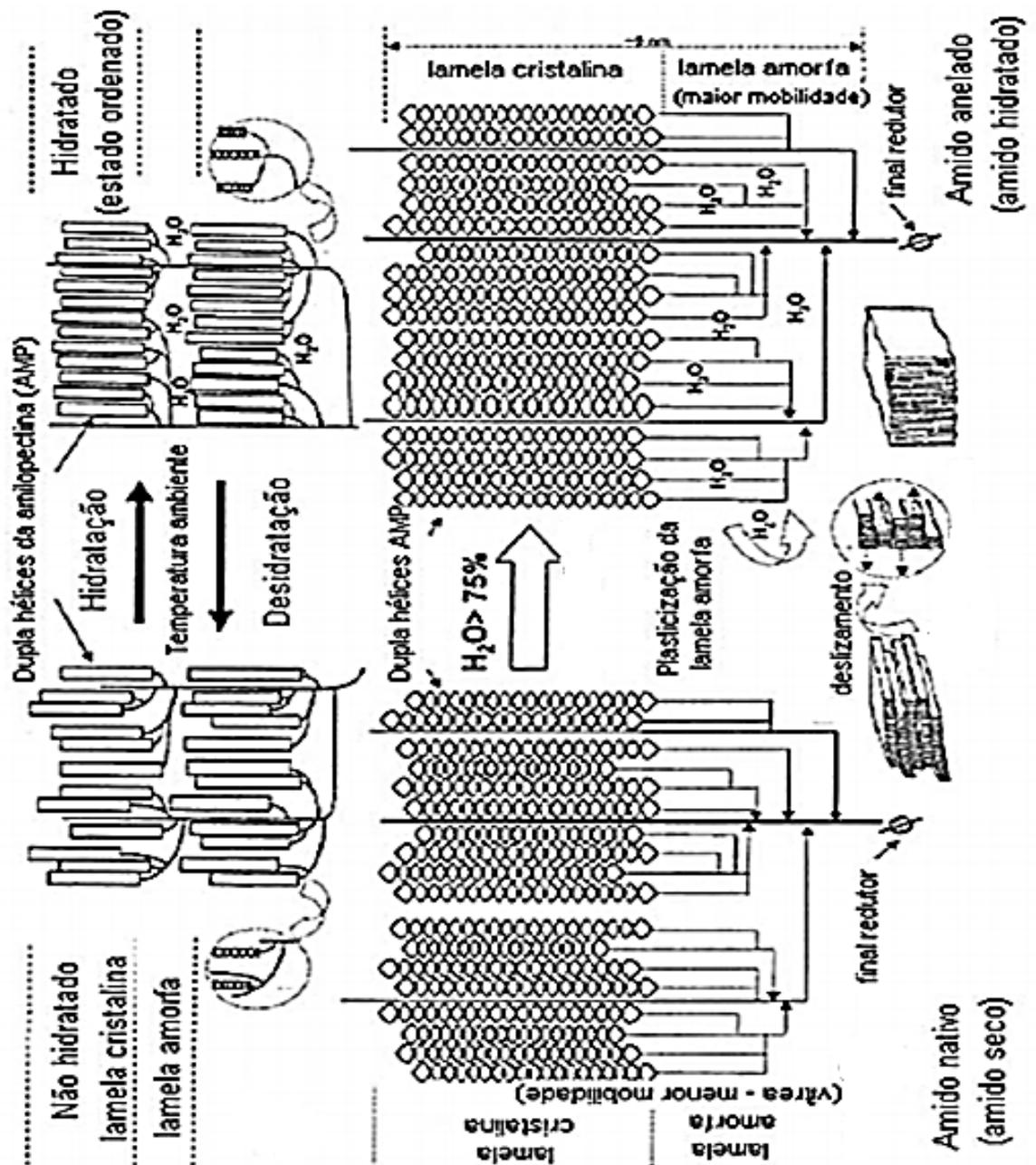


Figura 13. Esquema representativo da técnica de *annealing* – etapa difusão de deslizamento.

Fonte: Domenez (2016).

Ao atingir certa temperatura, os polímeros passam por modificações, como deslizamento das cadeias, compactando os grânulos e gerando novas

ligações, deixando o grânulo mais cristalino. As duas modificações podem ocorrer em tempos diferentes ou simultaneamente.

Segundo Yonemoto (2006), existem várias razões para que as mudanças aconteçam, como: modificação na etapa de cozimento, de modo que altere o processo de gomificação; diminuição da propriedade retrograda; aumento da estabilidade frente ao processo de resfriamento/descongelamento; melhor transparência e textura, além de maior poder emulsificante.

A alteração destas propriedades por tratamentos físicos se dá por etapas de exposições e radiações; Já por tratamentos químicos, usam-se reagentes – oxidativos, de hidrólise, ácidos, como acético, que promovem esterificação, eterificação ou ligações cruzadas (CEREDA; VILPOUX; DEMIATE, 2001).

CAPÍTULO 3

Nesta etapa, apresentam-se os métodos e materiais usados para modificação química e física do amido e posterior prensagem para formação de painéis. A modificação do amido usando ácido láctico foi realizada de acordo com o método descrito por Neves (2007), alterando somente a concentração das soluções, de forma a procurar obter melhores resultados. Na modificação por acetilação, utilizou-se o método de Sathe; Salunkhe (1981) e por meio físico apoiou-se em Domenez (2016). A produção de painéis foi realizada de acordo com os métodos utilizados por Souza (2018).

4 MATERIAIS E MÉTODOS

4.1 MATERIAL

Para a síntese do adesivo, utilizou-se amido de milho MAIZENA® adquirido em comércios locais. A modificação do amido e a produção de placas foram realizadas nos laboratórios da UNIUBE – campus aeroporto.

4.1.1 Modificação química com ácido láctico

Uma mistura foi realizada na proporção de 400 g de amido não modificado com 800 mL de água destilada, em recipiente de alumínio. Após a mistura, o recipiente foi levado ao banho-maria, com agitador magnético e aquecimento à 40°C. Adicionou-se 26,4 mL de ácido láctico na concentração de 2% (m/m amido b.s) e manteve-se a temperatura e agitação constante por 1 hora. A dispersão foi neutralizada com hidróxido de sódio 0,1M, e filtrada 5 vezes para retirada dos sais formados em papel filtro de média porosidade.

As amostras foram submetidas a peneiramento e posteriormente foram secas em estufa à 40°C, até 10% de umidade e envasadas em recipientes fechados e identificados.

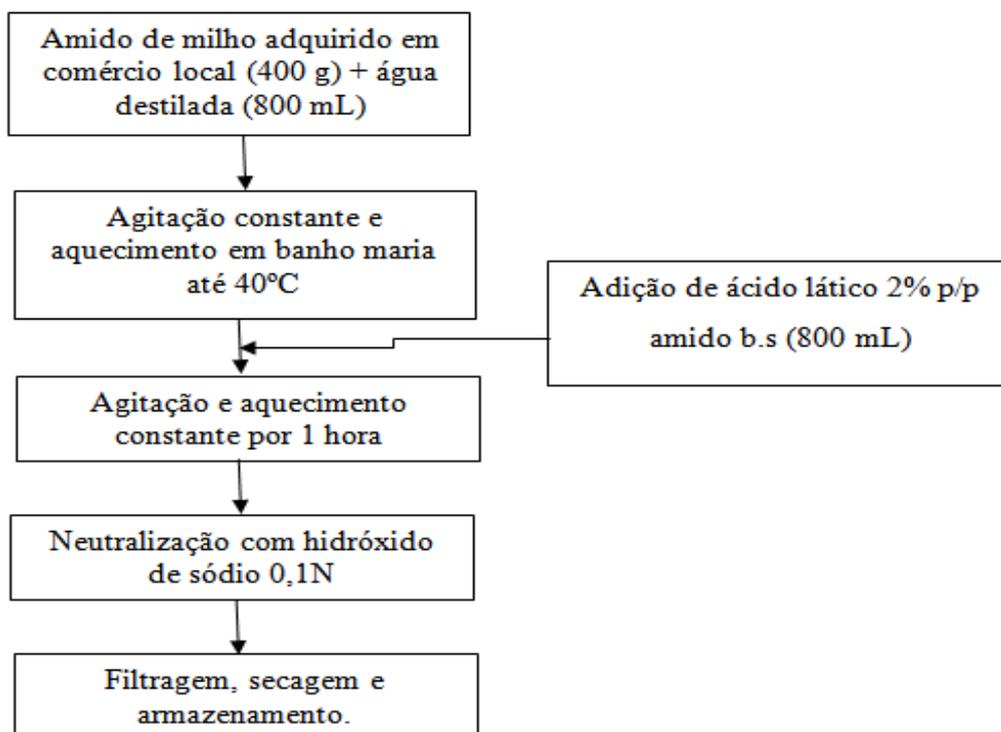


Figura 14. Amido de milho modificado por ácido láctico

Fonte: Acervo pessoal.

4.1.2 Modificação química por acetilação

Foram dispersos 100 gramas de amido em 500 mL de água destilada sob agitação por 20 minutos. Ajustou-se o pH para 8 com hidróxido de sódio 1M e adicionou-se 10,2 gramas de anidrido acético por um período de 1 hora, sob agitação constante.

Após adição total do anidrido, deixou-se em repouso por 5 minutos para a reação completa do produto. Ajustou-se o pH para 4,5 com ácido clorídrico 0,5M. A amostra foi filtrada à vácuo 5 vezes e lavada com água destilada.

A matéria passou por peneiramento com malha 4, fio 22 (0,71mm), abertura 5,64mm submetida a secagem por 48 horas à 30°C. O amido foi armazenado em recipiente corretamente preparado.

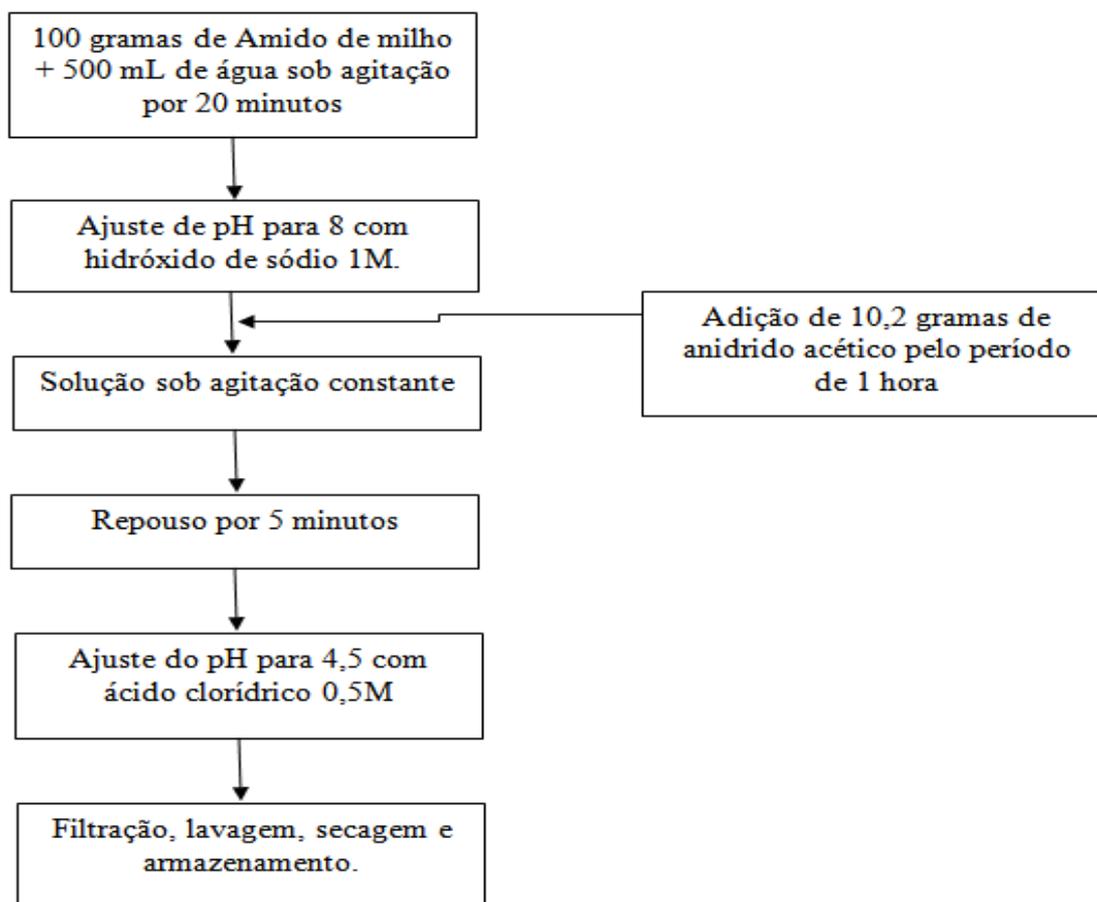


Figura 15. Modificação por anidrido acético

Fonte: Acervo pessoal.

4.1.3 Modificação física por técnica de *annealing*

A matéria prima foi misturada com água na proporção de 1:3 amido/água destilada com a adição de metabissulfito de sódio (0,05 g/100 mL) como agente antimicrobiano. As soluções foram incubadas em banho-maria à 50°C por 16 horas.

Após esse período, a suspensão foi levada para centrífuga a 5000 rpm (3500×g) por 5 minutos sendo o sobrenadante descartado posteriormente.

O precipitado foi recolhido e seco em estufa a 45°C por 48 horas. Em seguida, o material seco foi peneirado e armazenado para posterior avaliação.

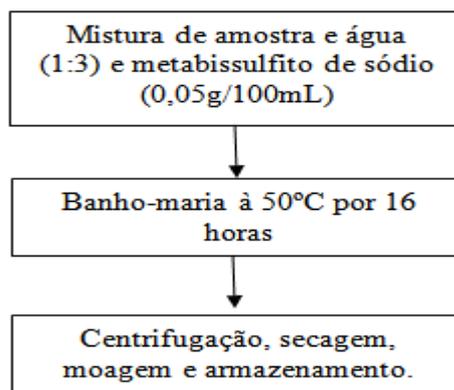


Figura 16. Técnica de *annealing*.

Fonte: Acervo pessoal.

4.1.4. PREPARO DO ADESIVO A BASE DE AMIDO DE MILHO MODIFICADO

Na etapa de preparação do amido (Figura 17), pode-se ocorrer aglomerados. Para que isto não ocorra, foi necessária a utilização de dois béqueres com 450 g de água em chapa de aquecimento com agitação para aquecer a água de 65°C à 77°C (temperatura de gelatinização do amido de milho) para que, ao ser adicionado o amido, ocorra a gelatinização do produto e perda total da cristalinidade. Ao atingir a temperatura da água, adicionou-se 28 gramas de amido de milho em cada béquer, sob agitação, até atingir total diluição.



Figura 17. Produção do adesivo.

Fonte: Acervo pessoal.

4.2 PRODUÇÃO DE PAINÉIS

Para produção de painéis produziu-se uma mistura de adesivo e serragem (Figura 18). Logo em seguida, revestiu-se a prensa manual com óleo vegetal de soja, para maior facilidade de retirada das placas formadas e realizou-se o espalhamento das fibras na caixa formadora de maneira uniforme, realizando-se a pré-prensagem à frio (Figura 19).



Figura 18. A) Formação da manta. B) Adição do adesivo no resíduo madeireiro.



Figura 19. A) Inserção da mistura na prensa. B) Prensagem à frio para retirada de umidade.

Fonte: Acervo pessoal

Nesta etapa ocorre a liberação da água do material. Para diminuir a umidade, levou-se a placa à estufa de secagem à temperatura de 80°C, por 23 horas. Em seguida, realizou-se nova prensagem do material, retornando-o a estufa à 110°C por 1 hora. Posteriormente, retirou-se o painel da prensa e o levou a estufa na temperatura de 50°C a fim de reduzir a umidade.

O painel foi retirado da estufa, mantido em temperatura ambiente para resfriamento e lixada para obter uma superfície lisa e plana. Ao fim do processo, o produto passou por ensaios físicos e mecânicos.

4.3 AVALIAÇÃO DAS PLACAS DE MDF

Os procedimentos experimentais para cada tipo de análise realizada estão descritos na ABNT NBR 15316-3 e ABNT NBR 14810.

4.3.1 Densidade (d)

Materials

Balança semi analítica, dinamômetro, paquímetro, serra circular com guia e trena.

Métodos

1. Manual:
 - Identificar os corpos de prova
 - Medir o comprimento, largura e espessura do corpo de prova e quantificar a massa;

2. Máquina de Ensaio Automática:
 - Preparar a tela do aparelho de teste Imal, onde serão registrados os resultados de medição dos corpos de prova, digitando os dados referentes ao tipo de material;

Usando a Equação (1), determina-se a densidade.

$$d = \frac{m}{v} \quad (1)$$

Sendo:

d = densidade do corpo de prova (g/cm^3);

m = massa do corpo de prova em g;

v = volume do corpo de prova (cm^3).

4.3.2 Umidade (U)

Para determinação da umidade mede-se a massa do mesmo corpo de prova, antes e após a realização do teste.

Utiliza-se a Equação (2).

$$U = \frac{(m_i - m_f)}{m_f} \times 100 \quad (2)$$

Na qual:

U = Teor de umidade do painel a chapa base seca (%);

m_i = massa inicial do corpo de prova (g);

m_f = massa final do corpo de prova (g).

4.3.3 Inchamento (I)

Separam-se quatro corpos de prova realizando um leve lixamento em cada uma das amostras a fim de retirar as imperfeições geradas no processo para que não haja interferência no resultado.

Utiliza-se a Equação (3), sendo o resultado em %.

$$I = \frac{(E_f - E_i)}{E_i} \times 100 \quad (3)$$

Na qual:

I = Inchamento medido pela espessura do corpo de prova (%);

E_i = Espessura inicial do corpo de prova (mm);

E_f = Espessura final do corpo de prova (mm).

4.3.4 Resistência à tração perpendicular

É a resistência que um corpo de prova oferece quando submetido a forças de tração perpendicular às suas superfícies.

A Equação (4) foi utilizada para o cálculo da adesão interna.

$$AI = \frac{F}{A_{base}} \quad (4)$$

Na qual:

AI = Adesão Interna (kgf/cm²)

F = Força de ruptura (kgf)

4.4 AVALIAÇÃO DA MODIFICAÇÃO DO AMIDO

4.4.1 Poder de inchamento e índice de solubilidade

Para a determinação destes parâmetros utilizou-se a metodologia de Leach, McCowen e Schoch (1959).

Materiais

Amostras; água destilada; Balança semi-analítica, centrífuga, estufa;

Métodos

- Misturar 0,5 gramas de amostra com 25 mL de água destilada em tubos de centrífuga;
- Deixar os tubos em temperaturas constantes de 30°C à 90°C por 20 minutos e agitação a cada 5 minutos;
- Centrifugar a 1000*g por 20 minutos;

- Separar centrifugado (C) e sobrenadante (S);
- Determinar a massa do centrifugado e secar o sobrenadante a 110°C até massa constante, pesando-o posteriormente.

Para os cálculos utilizam-se Equação (5) e Equação (6).

$$PI \left(\frac{g}{g} \right) = \frac{C}{Pa}$$

(5)

$$IS (\%) = \frac{S}{Pa} * 100$$

(6)

Em que:

PI - Poder de inchamento (g/g);

IS - Índice de solubilidade (%);

C - Massa do centrifugado (g);

Pa - Massa da amostra (g);

S - Massa do sobrenadante (g).

4.4.2 Determinação de amilose

O conteúdo de amilose foi determinado segundo método colorimétrico proposto por Martinez e Cuevas (1989).

Materiais

Amostras de amido; água destilada; álcool etílico 96°GL, Hidróxido de sódio 1 mol/L; ácido acético 1 mol/L; solução de iodo 2% (p/v); amilose pura (Sigma); Balança semianalítica; balões de 100 mL; estufa; pipetas; Pipetador; béqueres; banho-maria; espectrofotômetro.

Métodos

- Quantificar a massa de 100 mg de amido de milho, transferindo-o para balões de 100 mL;
- Adicionar 1 mL de álcool etílico 96°GL e 9 mL de solução 1 mol/L de NaOH;
- Aquecer os balões em banho- maria (10 min à 100 °C);
- Resfriar dos balões em temperatura ambiente;
- Adicionar 1mL de ácido acético 1 mol/L e 2mL de solução de iodo 2% (p/v) completando com água destilada até completar o volume dos balões;
- Elaborar a curva padrão com 40 mg de amilose pura (Sigma) retirando alíquotas de 1, 2, 3, 4, e 5 mL do balão volumétrico e acrescidas de 0,2; 0,4; 0,6; 0,8 e 1mL de ácido acético e de 0,4; 0,8; 1,2; 1,6 e 2 mL da solução de iodo, respectivamente, completando o volume de cada balão com água destilada.
- Realizar a leitura em 610nm de absorbância (A), 30 min após a adição do iodo.

Calcula-se o teor de amilose através da Equação (7).

$$\% \text{ Amilose} = A \times FC \quad (7)$$

Em que:

A – absorbância;

FC – fator de correção;

4.4.3 Determinação de carbonila

A determinação do teor de carbonila foi realizada conforme método descrito por Smith (1967).

Materiais

Amostras de amido; água destilada; cloreto de hidroxilamina; ácido clorídrico 0,1, banho-maria; agitador; pHmetro; estufa.

Métodos

- Quantificar a massa de 4 g de amostra de amido dispersando-a em 100 mL de água destilada;
- Aquecer e agitar por 30 minutos em banho-maria até gelatinização do amido;
- Ajustar da temperatura para 40°C e pH para 3,2;
- Adicionar 15 mL de solução de cloreto de hidroxilamina (preparo através de 25 g de cloreto de hidroxilamina em água destilada, adicionando-se 100 mL de hidróxido de sódio 0,5N e completando-se o volume do balão para 500 mL);
- Secar as amostras em estufa a 38°C por 4 horas;
- Titular com ácido clorídrico 0,1 mol/L até pH 3,2.

Calcula-se o teor de carbonila através da Equação (8).

$$\text{Teor Carbonila} = \frac{(V_{pm} - V_{am}) * F * 0,028 * 100}{\text{Peso da amostra (b.s)}} \quad (8)$$

Onde:

V_{pm} - volume de HCl gasto na titulação da prova em branco (mL);

V_{am} - volume de HCl gasto na titulação da amostra (mL);

F - normalidade do HCl;

Teor de carbonila – expressos em grupos carbonilas por 100 unidades de glicose $\frac{CO}{100GU}$.

4.4.4 Determinação de carboxila

O teor de carboxila foi determinado segundo método descrito por Parovuori et al. (1995).

Materiais

Amostra do amido; água destilada; hidróxido de sódio 0,01 N; agitador magnético; centrifugador; béqueres; banho-maria; pHmetro.

Métodos

- Misturar 5 g de amido em 25 mL de água destilada;
- Agitar por 30 min e centrifugar a dispersão;
- Lavar o resíduo com água destilada e transferir para um béquer;
- Adicionar 300 mL de água destilada e aquecer a dispersão em banho de água fervente com agitação contínua por 30 min até a completa gelatinização do amido;
- Efetuar a titulação com hidróxido de sódio 0,01 mol/L até pH 8,2.

Calcula-se o teor de carboxila através da Equação (9).

$$\text{Teor de carboxila} = \frac{(V_{am} - V_{pb}) * F * 0,045 * 100}{\text{Peso da amostra (b.s)}} \quad (9)$$

Onde:

V_{pb} - volume de NaOH gasto na titulação da prova em branco (mL);

V_{am} - volume de NaOH gasto na titulação da amostra (mL);

F - normalidade do NaOH;

Teor de carboxila – expressos em grupos carboxilas por 100 unidades de glicose $\frac{\text{COOH}}{100\text{GU}}$.

CAPÍTULO 4

Nesta etapa, apresentam-se os resultados obtidos, além de dados comparativos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 20 apresenta o aspecto do material obtido após a filtração.



Figura 20. Aspecto do amido de milho modificado por ácido láctico.

Fonte: Acervo pessoal.

As amostras foram submetidas a peneiramento (Figura 21) e posteriormente foram secas em estufa à 40°C, até 10% de umidade e envasadas em recipientes fechados e identificados.



Figura 21. Etapa de peneiramento do amido de milho modificado por ácido láctico.

Fonte: Acervo pessoal.

O amido não modificado e modificado foi utilizado como adesivo para formação de placas (Figura 22 e 23).



Figura 22. Painel formado após prensagem e secagem.
Fonte: Acervo pessoal.



Figura 23. Painel formado após lixamento.
Fonte: Acervo pessoal.

5.1. FORMAÇÃO DE ESPUMAS E SOBRENADANTE

Nos ensaios do amido modificado por acetilação e ácido láctico, verificou-se a formação de espuma (Figura 24) ao realizar a filtração a vácuo.

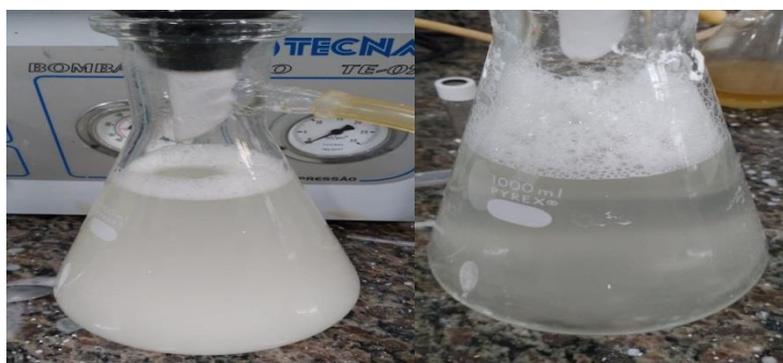


Figura 24. Formação de espuma.
Fonte: Acervo pessoal.

De acordo com Candeias (1986), este tipo de sobrenadante é comum em filtrações em que se utilizam filtros de vidro sinterizado. Em relação a granulometria dos aglomerados, notou-se que na etapa de secagem, houve uma quantidade de aglomerados maior na técnica de *annealing*.

Uma maior granulometria acontece pela alta umidade do produto, resultando na formação de grumos. Ao passar a mistura por processo de centrifugação para recuperação do amido modificado, ocorreu aglomeração das moléculas, que pode ter resultado em conjuntos maiores após a secagem.

Outra observação foi a separação de fases na modificação com ácido láctico. Logo após a adição do ácido, ocorreu a separação e, durante toda a reação, não houve mais um sistema homogêneo sem agitação (Figura 25).

Ocorre que a adição do ácido acelerou o precipitado, já que, se a mistura ficasse em repouso por algum tempo, automaticamente resultaria na separação de fases, visto que o amido e a água possuem densidades diferentes e as moléculas dos semelhantes iriam se agrupar.

De acordo com Pereira (1991), isto pode ocorrer quando se adiciona um tipo de sal na solução, e no caso, o hidróxido de sódio (NaOH), que mesmo em pequena quantidade, pode ter causado o chamado *salting out*, que é uma expressão em inglês para o processo em que substâncias solúveis em água são excluídas da fase aquosa pela adição de sais, gerando mais de uma fase.



Figura 25. Separação de fases - modificação com ácido láctico.
Fonte: Acervo pessoal.

5.2. PODER DE INCHAMENTO (PI)

O poder de inchamento e a solubilidade do produto são identificados através da quebra de pontes de hidrogênio devido as altas temperaturas. O inchamento do amido é respectivo ao teor de amilose e amilopectina na molécula. O amido tem menor absorção de água quando submetido à temperaturas altas (KUAKPETOON; WANG, 2008).

O poder de inchamento do amido de baixa amilose é maior que os amidos de média e de alta amilose, já que o teor de amilose e o poder de inchamento possuem valores inversos. Sendo assim, se a molécula possui alto poder de inchamento, possuem menor quantidade de amilose em sua formação (MOORTHY, 2002).

Com o intumescimento dos grânulos e aumento da solubilidade do amido, que são fatores que acontecem automaticamente com o inchamento do amido, o amido com temperaturas altas supera seu limite de gelatinização, já que as pontes de hidrogênio são rompidas e as moléculas de água se ligam aos grupos hidroxilas liberados (LIMBERGER et al., 2008).

O Poder de inchamento do amido não modificado e com modificações é indicado na Tabela 4.

Tabela 4 – Poder de inchamento

Tratamento	Poder de inchamento (g/g)
Amido não modificado	2,42
Amido modificado por acetilação	2,98
Amido modificado por ácido láctico	2,86
Amido modificado por “annealing”	2,50

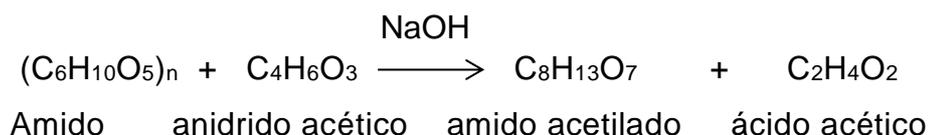
Fonte: Autora.

O aumento do poder de inchamento devido a temperatura é consequência da alta mobilidade das moléculas de amido, que facilitam a absorção de água (LAWAL ET AL., 2005).

De acordo com Chung e Lai (2006) a diferença do poder de inchamento entre os amidos são resultados da formação de ligações glicosídicas durante o processo de modificação.

A seguir a reação de acetilação (MEIRA, 2012).

Anidrido acético



Nos tratamento do anidrido acético e ácido láctico, o poder de inchamento aumentou, já na técnica de *annealing*, observa-se que o poder de inchamento aproxima do amido não modificado. Isto significa que, nos tratamentos com anidrido acético e ácido láctico, que foram em temperaturas maiores, houve também aumento da solubilidade e na técnica de *annealing* houve menor ou igual solubilidade da molécula.

5.3. INDICE DE SOLUBILIDADE (IS) EM ÁGUA

De acordo com Zeng et al. (2015), a solubilidade dos produtos é diretamente ligada à temperatura no qual a molécula foi tratada. Índices de solubilidade menores são relacionados com maior força de coesão entre cadeias glicosídicas. Já índices de solubilidade desenvolvidas em temperaturas menores apresentam elevada porosidade dos grânulos e enfraquecimento das ligações (CUNG, LIU e HOOVER, 2010).

O índice de solubilidade maior é resultado de um tratamento com temperaturas mais elevadas, causando uma desorganização intragranular e conseqüentemente, maior capacidade de absorver água. Isso é uma característica do amido relacionado com a gelatinização.

Os índices de solubilidade obtidos nos experimentos realizados neste trabalho são apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Índice de Solubilidade

Tratamento	Índice de Solubilidade (%)
Amido não modificado	1,21
Amido modificado por acetilação	5,61
Amido modificado por ácido láctico	2,43
Amido modificado por <i>annealing</i>	1,20

Fonte: Autora.

De acordo com a diferença do índice de solubilidade dos amidos modificados quimicamente, houve formação e quebra de ligações entre as macromoléculas de amilose e amilopectina.

Quanto menor o índice de solubilidade, menor a gelatinização do amido, e menor liberação de amilose e amilopectina para formação de novas ligações glicosídicas. Sendo assim, nota-se que houve modificação no amido modificado quimicamente, enquanto no amido modificado fisicamente, não houve alteração nas cadeias glicosídicas.

5.4. AMILOSE

Analisando os resultados da Tabela 6, os tratamentos apresentam um aumento do teor de amilose em relação ao amido *in natura*.

Tabela 6 – Teor de amilose

Tratamento	Teor de amilose (%)
Amido não modificado	35,6
Amido modificado por acetilação	39,4
Amido modificado por ácido láctico	36,8
Amido modificado por <i>annealing</i>	35,5

Fonte: Autora.

De acordo Kuakpetoon e Wang (2008) um leve aumento pode ser atribuído à facilidade da amilopectina ser degradada e de forma muito mais rápida do que a amilose. Ao aplicar certa concentração de ácido na região

amorfa das moléculas há, conseqüentemente, um aumento relativo da amilose.

Na técnica de *annealing* não há valor significativo na variação do teor de amilose se comparada com o amido de milho comercial. Nota-se que em baixas temperaturas e sem catalisador, a reação do amido é lenta e a degradação do amido só aumenta com a concentração, temperatura e tempo de tratamento, sendo que as moléculas do amido sofrem dilatação a temperaturas acima de 58°C, quando é possível romper a molécula, liberando amilose e posteriormente amilopectina.

5.5. CARBONILA E CARBOXILA

A função carbonila e a função carboxila são provenientes da reação proveniente do aquecimento da suspensão aquosa de amido em solução oxidante. Essa oxidação origina uma pasta branca, fluida e adesiva, que não forma gel rígido após o resfriamento (WANG, 2006). Portanto, não adequado para a função de adesivo nos painéis.

Este meio é resultado de uma reação de oxidação dos carbonos nas posições dois, três e seis, no qual grupos de hidroxila das moléculas de amido formam grupos carbonila e sucessivamente grupos carboxila (RUTEENERG; SOLOREK, 1984).

Tabela 7 – Teores de carbonila e carboxila referente aos testes de amido modificado

Tratamento	Teor de Carbonila (%)	Teor de Carboxila (%)
Amido não modificado	0,020	0,062
Amido modificado por acetilação	0,110	0,048
Amido modificado por ácido láctico	0,016	0,051
Amido modificado por <i>annealing</i>	0,019	0,060

Fonte: Autora.

A reação de oxidação do amido é acompanhada de quebra de ligações glicosídicas, com parcial despolimerização do amido. Sabe-se que em condições alcalinas é mais presente a formação do grupo carboxila enquanto em meios ácidos há maior formação de grupos carbonila (WURZBURG, 1986).

O número de grupos de carbonila e carboxila em amidos com modificação indicam o nível de oxidação da molécula (KUAKPETOON e WANG, 2008). Na Tabela 7 estão expressos os resultados do teor de carbonila e carboxila do presente estudo, sendo o teor de carbonila expressos em grupos carbonilas por 100 unidades de glicose e o de carboxila expressos em grupos carboxilas por 100 unidades de glicose.

Os tratamentos dos amidos com ácido láctico e acetilação apresentaram teor de carbonila e carboxila inferiores ao amido nativo devido, provavelmente, a etapa de neutralização que neutraliza parte das cargas dos grupamentos existentes.

Sangseethong et al. (2009) afirma que o tipo e a quantidade de grupos funcionais formados nas moléculas de amido durante o processo é resultado do tempo de reação, da temperatura e do pH empregado, afirmando que a taxa de reação diminui com o aumento da alcalinidade ou acidez.

Na modificação por técnica de *annealing* ocorreu apenas reorganização das cadeias glicosídicas já presentes, característica da perfeição cristalina e de modificação a baixa temperatura, impedindo de haver mudanças mais significativas na estrutura do amido (Índice de solubilidade, grupos de carbonilas, grupos de carboxilas).

De acordo com Gomes, Silva e Ricardo (2005), o resultado por técnica de *annealing* não é típico do tratamento, já que é esperado aumento de ligações de amilose e amilopectina e formação de cristais. Tal situação indica que a técnica precisa ser realizada em temperaturas mais altas e por maior tempo, a fim de elevar a cristalinidade relativa da molécula e ocorrer maior modificação em sua estrutura (WANG et al., 2014).

5.6 TRAÇÃO PERPENDICULAR

Os resultados obtidos para tração perpendicular do amido não modificado (Tabela 8), modificado por acetilação (Tabela 9), modificado por ácido láctico (Tabela 10) e modificado por técnica de *annealing* (Tabela 11).

Tabela 8. Tração Perpendicular do amido não modificado.

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (g)	Densidade (Kg/m ³)	Peso por superfície (Kg/m ²)	Força (Kgf)	Tração (Kgf/cm ²)
Teste 1	48,48	47,00	24,75	31,33	555,55	13,75	219,00	9,61
Teste 2	48,00	45,38	27,10	31,60	535,32	14,51	84,90	3,90
Teste 3	48,22	47,31	26,70	32,19	528,48	14,11	99,40	4,36
Média	48,23	46,56	26,18	31,7	539,78	14,12	134,43	5,95

Fonte: Duratex

Tabela 9. Tração Perpendicular do amido modificado por acetilação.

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (g)	Densidade (Kg/m ³)	Peso por superfície (Kg/m ²)	Força (Kgf)	Tração (Kgf/cm ²)
Teste 1	47,88	48,25	23,84	24,31	441,39	10,52	22,80	0,99
Teste 2	48,61	47,56	23,82	28,38	515,35	12,28	20,70	0,90
Teste 3	48,36	48,71	31,35	32,36	438,19	13,74	21,9	0,93
Média	48,28	48,17	26,33	28,35	464,97	12,18	21,8	0,94

Fonte: Duratex

Tabela 10. Tração Perpendicular do amido modificado por ácido láctico.

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (g)	Densidade (Kg/m ³)	Peso por superfície (Kg/m ²)	Força (Kgf)	Tração (Kgf/cm ²)
Teste 1	48,19	47,30	26,40	30,88	513,16	13,55	34,40	1,51
Teste 2	48,01	48,06	29,71	28,16	410,78	12,20	35,40	1,53
Teste 3	47,58	48,38	29,68	29,31	429,00	12,73	37,8	1,64
Média	47,92	47,88	28,59	29,45	450,98	12,82	35,86	1,56

Fonte: Duratex

Tabela 11. Tração Perpendicular do amido modificado por técnica de “*annealing*”.

	Comprimento (mm)	Largura (mm)	Espessura (mm)	Massa (g)	Densidade (Kg/m ³)	Peso por superfície (Kg/m ²)	Força (Kgf)	Tração (Kgf/cm ²)
Teste 1	48,69	45,83	20,50	20,59	450,10	9,23	13,20	0,59
Teste 2	47,88	45,73	21,49	24,02	510,48	10,97	10,90	0,50
Teste 3	47,94	47,82	20,97	25,79	536,47	11,25	11,80	0,51
Média	48,14	46,46	20,98	23,46	499,01	10,48	11,96	0,53

Fonte: Duratex

De acordo com Maloney (1989), a temperatura da prensagem afeta significativamente o módulo de ruptura na adesão interna, já que, uma temperatura maior, aumenta a densidade do centro do painel e diminui a densidade do material.

Souza (2018) relatou valores próximos de 3,61 kgf/cm² para o amido de milho não modificado, Eleoterio (2000) cita que a densidade do material (650 Kg/m³ a 850 Kg/m³), a espessura (25,7 a 26,6 mm) e o teor de resina (variável de acordo com o tipo de resina) são os grandes problemas nos testes de tração perpendicular.

O amido não modificado ficou acima do limite mínimo de 5,1 Kgf/cm² estipulado pela norma para a placa de MDF ser de boa qualidade. A placa no valor de 5,95 Kgf/cm² apresentou um bom resultado, podendo ser utilizados em objetos que necessitam de maior resistência.

A placa de amido modificado por ácido lático e modificado por acetilação apresentaram valores de 1,56 Kgf/cm² e 0,94 Kgf/cm². Segundo Meira (2012), os amidos acetilados preparados com amido comum apresentam placas quebradiças. Deve-se usar amido com alto teor de amilose.

A utilização de anidrido acético para modificação do amido apresenta baixo grau de substituição (razão entre o número de ligações e o número de radicais introduzidos na amilose linear). E, mesmo que amido com baixos graus de acetilação (Grau de substituição de 0,01 a 0,2) apresentem formação de filmes e adesivos, a modificação química deve ser realizada com elementos de alto teor de amilose, para que as placas apresentem maior resistência (ROSENTHAL, 1993).

Os valores obtidos abaixo do limite mínimo para MDF resulta em placas com menor resistência à força, indicando que não pode ser utilizado em materiais que necessitam de alta resistência, como mesas. Mas, pode ser utilizado em divisórias, que não sofrem impactos, por exemplo.

5.7 UMIDADE

Na Tabela 12, podem ser vistos os resultados da umidade.

Tabela 12. Resultados dos testes de Umidade.

Umidade					
	No.	Peso (g)	Peso por superfície (kg/m²)	Peso seco (g)	Umidade (%)
	1	19,49	7,80	17,40	12,01
	2	25,55	10,22	22,84	11,87
Amido não modificado	Média	22,52	9,01	20,12	11,94
	1	21,08	8,43	18,65	13,03
	2	28,09	11,24	24,58	14,28
Amido modificado por ácido láctico	Média	24,59	9,83	21,61	13,65
	1	23,64	9,46	17,92	31,92
	2	21,55	8,62	17,59	22,51
Amido modificado por técnica de <i>annealing</i>	Média	22,59	9,04	17,76	27,22
	1	24,68	9,87	21,58	14,37
	2	23,07	9,23	19,85	16,22
Amido modificado por acetilação	Média	23,88	9,55	20,72	15,29
MDF	Limite mínimo				4.00
	Limite máximo				11.00

Fonte: Duratex.

Os resultados mais próximos dos padrões do MDF são o amido não modificado, seguido por modificado por ácido láctico apresentando valores de 11,94% e 13,65%, respectivamente.

O amido modificado por técnica de *annealing* apresentou umidades altíssimas. Isto se deve pela técnica possuir altos teores de umidade, tendo a necessidade de um tempo maior de secagem e propriedades higroscópicas mais fortes.

Outro fator importante, é que a umidade é ligada ao tipo de revestimento que as placas possuem, sendo que quanto melhor o revestimento, maior sua contribuição para evitar a umidificação da matéria. Para uma menor umidade, o tempo de secagem aumenta, melhorando também o tempo do processo de cura do material colante, e automaticamente, a resistência a sua tração perpendicular.

Souza (2018) obteve valores de 6,3% de umidade em painéis formados com amido de milho não modificado. Isto mostra que os painéis produzidos neste trabalho apresentaram maior porosidade, mesmo que a matéria não apresente valores significativos de inchamento.

5.8 INCHAMENTO

Os resultados relativos ao Inchamento em espessura apresentaram porcentagens dentro dos padrões estabelecidos para o MDF. De acordo com Eleotério (2000) a absorção de água determina o inchamento, o que explica a correlação entre essas duas variáveis. O teste de amido modificado por técnica de *annealing* mostrou a melhor resposta apresentando menores percentuais de inchamento em espessura para 24 horas de imersão em água, como pode ser visto na Tabela 13.

O amido modificado por acetilação apresentou os maiores valores de inchamento. Uma vez que o amido não modificado e modificado por técnica de *annealing* apresentaram valores mais altos de densidade dos painéis. Pode-se considerar a afirmação de Maloney (1989) de que quanto menor a densidade do material, menor será seu inchamento.

Tabela 13. Comparação do poder de inchamento das placas

Tratamento	Inchamento (%)
Amido não modificado	3,22
Amido modificado por acetilação	4,2
Amido modificado por ácido láctico	4,03
Amido modificado por <i>annealing</i>	0,04

Fonte: Duratex

Os resultados de inchamento em espessura foram aprovados para todas as técnicas, já que de acordo com as normas o limite máximo é de 12 % para espessura nominal de 12 a 19 mm. Para Eleotério (2000), o aumento da massa origina uma maior pressão para o inchamento quando umedecida, e quanto maior a eficiência da resina, menor o inchamento.

Ao tratar-se de inchamento, é de suma importância lembrar que os painéis que possuem revestimento absorvem menos quantidade de água, pois o revestimento serve como barreira. Deste modo, para melhorar os valores estabelecidos é necessário revestir o corpo de prova. Além disto, a quantidade de adesivo presente influencia nesta resposta.

CAPÍTULO 5

6 CONCLUSÃO

Nota-se que houve inchamento do grânulo na técnica de modificação por ácido láctico (2,86 g/g) e modificação por acetilação (2,98 g/g). Nestes tratamentos que ocorreram em temperaturas maiores, houve também aumento da solubilidade. Para o amido modificado por acetilação encontrou-se índice de solubilidade 5,61%, no ácido láctico 2,43%, no amido não modificado 1,21 % e por técnica de *annealing* 1,20%.

De acordo com os resultados, houve formação de novas ligações entre as macromoléculas de amilose e amilopectina suficientes para ocorrer a modificação do amido.

Na técnica de *annealing* não há quantidade significativa de aumento ou diminuição do teor de amilose. Os tratamentos com ácido láctico e acetilação apresentaram leve aumento. Isto significa que houve modificação em sua estrutura.

Os tratamentos dos amidos com ácido láctico e acetilação apresentaram teor de carbonila e carboxila inferiores ao amido nativo. Na modificação por técnica de *annealing* ocorreu apenas reorganização das cadeias glicosídicas já presentes, característica da perfeição cristalina e de modificação a baixa temperatura, impedindo de haver mudanças mais significativas na estrutura do amido.

No teste de tração perpendicular encontrou-se 0,94kgf/cm² para o amido acetilado, 1,56kgf/cm² para o ácido láctico, 5,95kgf/cm² para o amido não modificado e 0,53kgf/cm² para o amido modificado por técnica de *annealing*, sendo o padrão MDF de 5,1kgf/cm². O amido não modificado apresentou melhores resultados em relação à tração perpendicular.

As placas com amidos com modificações apresentaram trações abaixo do considerado placas de alta resistência do MDF e é devido a formação de amilopectina e não de amilose nas moléculas, resultando em materiais mais quebradiços.

Os resultados encontrados indicam que a placa é de baixa resistência e não deve ser utilizada em alguns tipos de materiais que necessitam de maior resistência como mesas e camas.

Para os resultados encontrados na Umidade do material, nota-se que a umidade é maior que o do estabelecido pelos padrões do MDF pela porosidade do material, e o inchamento das placas não foram expressivas.

Convém ressaltar que o aglomerante do MDF trata de uma resina sintética e o amido é uma resina natural, sendo uma alternativa ecológica.

No geral, o teste de amido não modificado obteve os resultados mais próximos do usual MDF, sendo necessários novos estudos para obter a densidade e espessura necessária, aperfeiçoamento nas etapas de ré-prensagem e prensagem para formação de colchões com menor número de imperfeições, além de aplicação de revestimento de forma a alcançar as exigências do MDF.

O amido de milho modificado quimicamente e o amido de milho não modificado possuem propriedades adesivas que, mesmo não sendo tão fortes quanto as resinas de formaldeído, podem ser aplicadas na formação de painéis e MDF de forma eficiente, devendo ser controlado a quantidade e concentração dos produtos requeridos.

O amido de milho modificado fisicamente não pode ser utilizado para formação de painéis por apresentar alta umidade que compromete com a qualidade do produto e os resultados esperados para ser de boa qualidade.

Foi constatado de acordo com os experimentos realizados no amido de milho que houve modificação nas macromoléculas do amido, principalmente nos testes de acetilação e ácido láctico.

A serragem pode ser reutilizada no processo industrial, de forma à conservar a natureza e reduzir os gastos.

7 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

- Realizar a técnica de modificação química do amido em produtos com maior teor de amilose, para formação de placas mais duras e resistentes;
- Para a modificação física do amido através da técnica de *annealing*, utilizar variações de temperatura e tempo para realizar uma modificação mais efetiva e estudar um tempo de secagem do material para reduzir a umidade a fim de aplica-lo nas placas e obter melhores resultados;
- Realizar a modificação do amido por eterificação ou esterificação com catalisador ácido, para testar a reação na formação de placas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABIPA – **Associação Brasileira da Indústria de Painéis de Madeira**. Nossos produtos. Disponível em: Acesso em: 17 de novembro de 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS– ABNT. NBR 14810 – 1 – **Painéis de Partículas de Média Densidade** – Parte 1 – Terminologia. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. NBR 14810 – 2 – **Chapas de madeira aglomerada** – Parte 2 – Requisitos. 2006.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 15316 – 3 – **Chapas de fibras de média densidade** - Parte 3: Método de ensaio. 2006.

ALBURQUEQUE, H.A.A. **Utilização de polímeros comerciais para a produção de painéis de madeira de baixa densidade**. 2010. Dissertação (Mestrado em Química Industrial) - Universidade da Beira Interior. Covilhã, 2010.

ALMEIDA, P. C. de O. R. **Estudo da influência da temperatura e do tempo de prensagem nas características físico mecânicas, de diferentes tipos de MDF aquando do seu revestimento por prensagem**. 2006. Dissertação (mestrado) - UNIVERSIDADE TÉCNICA DE LISBOA, INSTITUTO SUPERIOR DE AGRONOMIA, 2006.

ANVISA. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. **Legislação em Vigilância Sanitária**. Resolução RDC nº 263, de 22 de setembro de 2005. Disponível em: <http://e-legis.anvisa.gov.br/leisref/public/showAct.php?id=18822&word=>. Acesso em: 04 jul. 2019.

ARAÚJO, C. K. de C. **Influência da geometria das partículas da camada interna nas propriedades de painéis particulados de três camadas**. 2016. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Experimental de Itapeva, 2016.

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

BARROS, V. R. **Fresamento de madeiras de média densidade: MDF**. 2013. 76 f. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista “Júlio de mesquita Filho”, Campus Experimental de Itapeva, 2013.

BATISTA, J. DA S. **Etapas do processo produtivo da empresa berneck s.a. painéis e serrados**. 2014. 57f. Dissertação (Graduação em Engenharia Florestal)– Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, 2014.

BELINE, U.L.; FILHO, M.T.; LEITE, M. K.; WENDT, J.G.N.; LOUSADA, J.L.P.C.; GALVÃO, M.A. **Diferentes biomassas para geração de energia na indústria de painéis de fibra: estudo de caso.** XIV EBRAMEM - Encontro Brasileiro em Madeiras e em Estruturas de Madeira 28-30/Abril, 2014, Natal, RN, Brasil.

BELONE, I. A. **Caracterização físico-mecânica de painel de MDP produzido com madeira de Eucalipto e Bracatinga.** 2010. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado – Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista, Campus Experimental de Itapeva, 2010.

BEMILLER, J.N., **Starch modification: challenges and prospects.** Starch, 1997.

BIAZUS, A.; DA HORA, A. B.; LEITE, B. G. P. **Panorama de mercado: painéis de madeira.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n.32, p. 49-90, set. 2010.

BORGES, F. B. **Descrição da secagem convectiva de grãos de milho através de modelos difusivos.** 2016. 147 f. Tese (Doutorado em Engenharia de Processos) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Processos, Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba, Brasil, 2016.

BOM, R. P., **Processo produtivo de painéis MDF.** Paraná, 2008. Disponível em: http://engmadeira.yolasite.com/resources/Apostila_MDF.pdf. Acesso em: 07 ago. 2018.

BUENO, M. A. P. **Painéis de *Medium Density Fiberboard* fabricados com bagaço de cana-de-açúcar e madeira de reflorestamento.** 2014. 158 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Faculdade de Engenharia, 2014.

BRITO, E.O.; GONÇALVES, F.G.;VIEIRA, M.C. **Evolução Econômica do Painel Compensado no Brasil e no Mundo.** Revista Floresta e Ambiente 2012 jul./set.; 19(3):277-285. Acesso em: <http://dx.doi.org/10.4322/floram.2012.033>. Acesso em: 20 jul. 2019.

CANDEIAS, J.A.N. **Laboratório de virologia.** Manual técnico. Ed. Edusp, 1996. 176p.

CEREDA, M. P. (org.). **Propriedades gerais de amido.** São Paulo, Fundação Cargill, 2001, v. 1. Cap. 8. 221p.

CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.; DEMIATE, I.M. **Amidos modificados.** In: CEREDA, M.P.; VILPOUX, O. F. Tecnologia, usos e potencialidades de tuberosas amiláceas latino americanas. São Paulo: Fundação Cargill, v.3, 2003.

- CEREDA, M. P.; CHUZEL, G.C.; VILPOUX, O.; NUNES, O. L. G. da S. **Modificação de fécula por fermentação**. In: LIMA, U. de A. Biotecnologia Industrial. v. 3, cap.20. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 2001. p. 413-417.
- CONAMA. RESOLUÇÃO CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002. Disponível em: <http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao/residuos/CONAMA3132002.pdf>. Acesso em: 05 jul. 2019.
- CHUNG, Y.; LAI, H. **Molecular and granular characteristics of corn starch modified by HCl-methanol at different temperatures**. Carbohydrate Polymers, v.66, p.110– 116, 2006.
- DA SILVA, A. F.; DE FIGUEIREDO, C. F. **Reaproveitamento de resíduos de MDF da indústria moveleira**. Design e Tecnologia, v. 1, n. 02, p. 77-87, 31 dez. 2010.
- DOMENEZ, E. P., **Propriedades tecnológicas de amido e farinha de arroz tratados por *annealing***. 2016, 87p. Dissertação (mestrado em ciência e tecnologia de alimentos) Universidade Federal De Viçosa, Viçosa, MG. 2016.
- DOMINGOS, I.; ALMEIDA, P.; ESTEVES, B.; FERREIRA, J. **A Influência da Prensagem a Quente nas Propriedades dos Painéis de Fibras de Alta Densidade, aquando do seu Revestimento por Películas**. 2016. Millenium, 50 (jan/jun 2016). Pp. 197-206.
- DOS SANTOS, J.A.G. **Estudo e modelação do processo de fabrico de placas de madeira revestidas com folha de madeira natural**. Tese (Mestrado em Análise de Dados e Sistemas de Apoio à Decisão) – Faculdade de Economia, Universidade do Porto, 2010.
- ELEOTERIO, J. R. **Propriedades físicas e mecânicas de painéis de MDF de diferentes densidades e teores de resina**. 2000. Tese (mestrado) – Universidade de São Paulo, Faculdade de Engenharia Florestal, São Paulo, SP. 2000.
- EUGÊNIO, R. A. P. **Painéis de Medium density fiberboard produzidos com adesivo alternativo**. 2016. Dissertação (Mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia, Bauru, 2016.
- FARAGE, R. M. P.; REZENDE, A. A. P.; SILVA, C. M.; NUNES, W. G.; CARNEIRO, A. de C. O.; VIEIRA, D. B.; RODRIGUES, C. L. S. **Avaliação do potencial de aproveitamento energético dos resíduos de madeira e derivados gerados em fábricas do polo moveleiro de Ubá – MG**. 2013. Revista Ciencia Florestal. v. 23, n. 1, 2013.
- FIGUEIREDO, A. I. da C. **Optimização de emissões na secagem de aparas para produção de aglomerado no sector da madeira**. 2008. Dissertação (Mestrado). Universidade de Aveiro, 2008.

FRANCO, C. M. L.; CIACCO, C. F. **Estrutura dos grânulos de amido de milho normal e ceroso**. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, v. 17, n. 3, 1997.

FRANCO, C.M.L.; DAIUTO, E.R.; DEMIATE, I.M.; CARVALHO, L.J.C.; LEONEL, M.; CEREDA, M.P.; VILPOUX, O.F.; SARMENTO, S.B.S. **Série Culturas De Tuberosas Amiláceas Latino Americanas**. São Paulo: Fundação Cargill, 2002.

FRANÇA, M. C. **Particleboard manufacturing from oversize fibers of a mdf industry**. 2015. 170 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages, 2015.

FREIRE L. F.; FIGUEIRÊDO M. C. B.; ROSA M. F.; ARAÚJO JÚNIOR, C. P. **Impactos ambientais de painéis de madeira e derivados - Uma revisão de literatura**. 2015. *Revista ESPACIOS*. Vol. 36. Nº10. 2015.

FREITAS JUNIOR, N. da F. de. **Estudo das propriedades termomecânicas e morfológicas de blendas biodegradáveis de poli (epsilon-caprolactona) (PCL) com amido de milho natural e modificado**. 2004. 89fl. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. 2004.

FOELKEL, C. **O processo de impregnação dos cavacos de madeira de eucalipto pelo licor kraft de cozimento**. *Eucalyptus Online Book & Newsletter*, 2009. Disponível em: http://www.eucalyptus.com.br/eucaliptos/PT15_ImpregnacaoCavacos.pdf. Acesso em: 03 de ago. 2019.

GAVA, G. C. **Avaliação da colagem em resíduos de madeira tratada de eucalipto**. 2014. 49p. Monografia (graduação). Universidade Federal do Espírito Santo. Centro de ciências agrárias - departamento de ciências florestais e da madeira. 2014.

GOMES, A. M. M.; SILVA, C. E. M.; RICARDO, N. M. P. S. **Effects of annealing on the physicochemical properties of fermented cassava starch (polvilho azedo)**. *Carbohydrate Polymers*, v. 60, n. 1, p. 1-6, 2005.

GONÇALVES, R. F. **Gestão ambiental e as práticas sustentáveis em empresas do setor madeireiro do município de Cacoal/RO**. 36 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Ciências Contábeis) - Universidade Federal de Rondônia, Cacoal, 2016.

HEDLUND, T. de A. **A redução dos impactos ambientais como proposta para o desenvolvimento de luminária a partir de resíduos de MDF**. 2013. Dissertação (Graduação em Design do Produto). Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. 2013. Disponível em: <<http://bibliodigital.unijui.edu.br:8080/xmlui/handle/123456789/1772>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

HOOVER, R. **Composition, molecular structure, and physicochemical properties of tuber and root starches: A Review.** Carbohydrate Polymers, v. 45, n. 3, p. 253- 267, 2001.

HYODO, A. **Reciclagem de cavacos de ligas de alumínio 7050-T7451 utilizando conformação por spray e tratamentos termomecânicos.** 2009. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de São Carlos. São Carlos, 2009.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES. **Relatório Anual IBÁ 2017.** Disponível em: http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf. Acesso em: 05 ago. 2019.

IWAKIRI, S. **Painéis de madeira reconstituída.** FUPEF. Curitiba, 2005.

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

IWAKIRI, S.; WEBER, C. **Utilização de resíduos de compensados, mdf e mdp para produção de painéis aglomerados.** Revista Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 2, p. 405-413, abr.-jun, 2015. Disponível em: <<https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/18460/10855>>. Acesso em: 20 jul. 2019.

KUAKPETOON, D.; WANG, Y-J. **Characterization of Different Starches Oxidized by Hipochlorite.** *Starch/Stärke*, n. 53, p. 211-218, 2001.

KUAKPETOON, D. S., WANG, Y. J. **Locations of hypochlorite oxidation in corn starches varying in amylose content.** *Carbohydrate Research*, v.343, p.90-100. 2008.

KLOCK, U.; DE ADRADE, A. S.; HERNANDEZ, J.A. **Polpa e Papel.** Universidade federal do Paraná setor de ciências agrárias departamento de engenharia e tecnologia florestal. 3ª Ed. Curitiba, 2013.

LAWAL, O.S.; ADEBOWALE, K.O.; OGUNSANWO B.M.; BARBA L.L.; ILO, N.S. **Oxidized and acid thinned starch derivatives of hybridmaize: functional characteristics, wide-angle X-ray diffractometry and thermal properties.** *International Journal of Biological Macromolecules*, v. 35, p. 71-79, 2005.

LEACH, H.W., MCCOWEN, L.D. AND SCHOCH, T.J. **Structure of the Starch Granule. I. Swelling and Solubility Patterns of Various Starches.** *Cereal Chemistry*, 36, 534-544. 1959.

LIMBERGER, V. M.; SILVA, L. P.; EMANUELLI, T.; COMARELA, C. G.; PATIAS, L. D. **Modificação química e física do amido de quirera de arroz**

para aproveitamento na indústria de alimentos. Química Nova, v. 31, n. 1, p. 84-88, 2008.

LOBO, A. R.; SILVA, G. M. de L. **Amido resistente e suas propriedades físico- químicas.** Revista de Nutrição. Campinas, v.16, n. 2, p. 219-226, abr./jun., 2003.

LOPES, C.P.S. **Ações para melhoria do processo produtivo de uma fábrica de MDF.** Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Instituto Superior de Engenharia de Coimbra, Coimbra, 2014.

MALI, S.; GROSSMANN, M. V. E.; YAMASHITA, F. **Filmes de amido: produção, propriedades e potencial de utilização.** Semina: Ciências Agrárias, Londrina, v. 31, n. 1, p. 137-156, jan./mar. 2010.

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

MANENTE, J. C. P. P. **Efeito do dióxido de enxofre e do ácido láctico na hidratação, rendimento e qualidade do germe de milho.** 2003. 117 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2003.

MARINHO, N. P. **Características das fibras do bambu (*Dendrocalamus giganteus*) e potencial de aplicação em painéis de fibra de média densidade (MDF).** 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica e de Materiais) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2012.

MARQUES, R. C. D. **Estudo físico-químico, microbiológico e tecnológico de coprodutos da industrialização de milho e aproveitamento alimentar a partir da elaboração de massas alimentícias.** 2016. 236 f. Dissertação (mestrado em Ciência e Tecnologia de Alimentos) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2016.

MARTINÉZ, C.; CUEVAS, F. **Evaluación de la calidad culinaria y molinera del arroz:** Guía de estudio para ser usada como complemento de la unidad auditutorial sobre el mismo tema. 3.ed. Cali: CIAT, 1989. 73p.

MARTON, A. **Confecção e avaliação de chapas de madeira aglomerada com aproveitamento de resíduos de marcenaria industrial.** 2014. 68 f. Dissertação (mestrado) Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho Faculdade de Engenharia, 2014.

MATTOS, R. L. G.; GONÇALVES, R. M.; DAS CHAGAS, F. B. **Painéis de madeira no Brasil: panorama e perspectivas.** BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 27, p. 121-156, mar. 2008.

MEDEIROS, A. M.; DA SILVA, D. M. **Análise de perigos e pontos críticos de controle na qualidade da produção de derivados de milho.** 2017.

Dissertação (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade do Rio Verde, Faculdade de Engenharia de Produção, Rio Verde, Goiás, 2017.

MEIRA, V. C. R. S. **Preparação e caracterização de filmes de amido modificado por reticulação, acetilação e com adição de lipídio e celulose bacteriana.** Tese (Doutorado em Engenharia de Alimentos) – Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, Santa Catarina, 2012.

MELO, R. R. de; DEL MENEZZI, C. H. S. **Influência da Massa Específica nas Propriedades Físico-Mecânicas de Painéis Aglomerados.** Revista Silva Lusitana, Lisboa, v. 18, n. 1, jun./2010. Disponível em: Acesso em: 23 de janeiro de 2011.

Meira, V. C. R. S. **Preparação e caracterização de filmes de amido modificado por reticulação, acetilação e com adição de lipídio e celulose bacteriana.** 2012. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Alimentos. 2012.

MENDES, S.A.; MENDES, L.M.; CHAVES, M.D.; MORI, F.A.; SILVA, M. J. R.; TRUGILHO, P.F. **Utilização de resinas alternativas na produção de painéis OSB de clones de *Eucalyptus spp.*** 2007. CERNE, vol. 13, núm. 3, julho-setembro, p. 257-263. Universidade Federal de Lavras. 2007.

MOORTHY, N. S. **Physical and functional properties of tropical tuber starches: A review.** Starch/Stärke, v. 54, n. 12, p. 559-592, 2002.

MURPHY, P. In PHILLIPS, G. O. e WILLIAMS, P. A. **Handbook of hydrocolloids:** Cap 3, Starch. New York: CRC Press LLC Corporate Blvd, 2000.

MUSSOLINI, R. C. **Caracterização físico-química e rendimento da moagem úmida de quatro híbridos de milho.** 2009. 58 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Instituto de Biociências, Letras e Ciências Exatas, 2009.

NEVES, F.M. **Ação Do Bissulfito De Sódio Nas Propriedades Da Farinha De Arroz Motti Tratada Com Ácido Láctico.** 2007, 97p. Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Agroindustrial) Universidade Federal de Pelotas, Pelotas, RS. 2007.

OLIVEIRA, L. C. S. de. **Obtenção e caracterização de um compósito de matriz de resina poliéster e resíduos de madeira produzidos em marcenarias.** 2017. 88f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) - Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2017.

PAROVUORI, P., HAMUNEN, A., FORSSEL, P., AUTIO, K. POUTANEN, K. **Oxidation of potato starch by hydrogen peroxide.** Starch/Stärke, Weinheim, v.43, p.19-23, 1995.

PEREIRA, A. J. G. **Purificação do ácido láctico através de extração líquido-líquido**. 1991. [353]f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. 1991.

PIERRE, F. C. **Caracterização físico-mecânica de painéis aglomerados de *Eucalyptus grandis* com adição de resíduos industriais madeireiros**. 2010. viii, 122 f. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônomicas, 2010.

PICCARDI, A. de B. R. **Viabilidade da utilização de *Grevillea robusta* em diferentes proporções com *Pinus taeda* para produção de painéis aglomerados**. 2013. Monografia (graduação em Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Federal do Paraná, Setor de Ciências Agrárias, 2013.

PIEKARSKI, C. M. **Proposta de melhoria do desempenho ambiental associado ao ciclo de vida da produção do painel de madeira MDF**. 2013. 147 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2013.

QUIRINO, W. F. **Utilização Energética de Resíduos Vegetais. Laboratório de Produtos Florestais - LPF/IBAMA**. 2004. Disponível em: www.funtec.org.br/arquivos/aproveitamento.pdf. Acesso em: 5 mai. 2019.

REMADE. Revista da Madeira: Painéis – Cresce presença no setor. Ed. N° 107. Set/2007. Disponível em: http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1129&subject=E%20mais&title=Cresce%20presen%20de%20madeira%20com%20valor%20agregado. Acesso em: 04 ago. 2019.

RIBEIRO, E. P., SERAVALLI, E.A.G. **Química de Alimentos**. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

ROQUE, C. A. L.; VALENCA, A. C. de V. **Painéis de madeira aglomerada**. BNDES Setorial, Rio de Janeiro, n. 8, p. 153-170, set. 1998

SAEZ, Lygia de Oliveira. **Estudos sobre a vida útil das facas do picador em uma indústria de painél particulado**. 2015. Trabalho de conclusão de curso (bacharelado - Engenharia Industrial Madeireira) - Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Câmpus de Itapeva, 2015.

SANGSEETHONG, K.; LERTPHANICHB, S.; SRIROTHB, K. **Physicochemical Properties of Oxidized Cassava Starch Prepared under Various Alkalinity Levels**. Starch/Stärke, v.61. p. 92–100, 2009.

SATHE, S. K.; SALUNKHE, D. K. **Isolation, partial characterization and modification of the great Northern bean (*Phaseolus Vulgaris* L.) starch**. Journal of Food Science. V. 46. P 617-621, 1981.

- SIKORA, M.; JUSZCZAK, L.; SADY, M.; KRAWONTKA, J. **Use of Modified Starches as Thickeners of Cocoa Syrups**. *Food Science and Technology International*, v. 10, n. 5, p. 347–354, 2004.
- SILVA, G. de O. **Características físico-químicas de amidos modificados de grau alimentício comercializados no Brasil**. *Food Science and Technology* (Campinas). Sociedade Brasileira de Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 26, n. 1, p. 188-197, 2006.
- SILVA, J. E. E. da. **Estudo da influência das resinas termofixas uréia formaldeído (UF) e melamina formaldeído (MF) nas características físicas e mecânicas de painéis MDF**. 2013. Trabalho de conclusão de curso (licenciatura - Química) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências, 2013.
- SILVA, G. C. **Qualidade de painéis aglomerados produzidos com adesivos à base de lignosulfonato e uréia-formaldeído**. 2015. 95 f. Tese (Doutorado em Ciências Ambientais e Florestais). Instituto de Florestas, Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica, RJ, 2015.
- SILVA, S. A. M. **Chapa de média densidade (mdf) fabricada com poliuretano mono-componente derivada de óleo de mamona – caracterização por método destrutivo e por ultrassom**. 2003. 259p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Unicamp, Campinas, 2003.
- SINGH, N.; SINGH, J.; KAUR, L.; SODHI, N.S.; GILL, B.S. **Morphological, thermal and rheological properties of starches from different botanical sources**. *Review. Food Chemistry*, v. 81, p. 219–231, 2003.
- SOUZA, D. Z. de. **Painéis de resíduos aglomerados utilizando amido de milho**. 2018. Dissertação (mestrado) – Universidade de Uberaba. Programa de Mestrado em Engenharia Química, Uberaba, 2018.
- SMITH, R.J. **Characterization and Analysis of starchs**: In: WHISTLER, R.L.; PASCHALL, E.F.(Eds.) *Starch:chemistry, technology*, New York: Academic Press, p.620-625, 1967.
- SRIROTH, K.; PIYACHOMWAN, K.; SANGSEETHONG, K.; OATES, C. **Modification of cassava starch**. Paper presented at X International Starch Convention, 11-14 June 2002, Cracow, Poland. Disponível em: <www.cassava.org/Poland/Modification.pdf>. Acesso em: 09 jul. 2019.
- TAPARELLI, J. R. **Modificação química do amido de mandioca e estudo de sua aplicação em revestimento couche**. 2005. 101p. Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Química, Campinas, SP. 2005.
- TEIXEIRA, M. A. V. **Amidos quimicamente modificados empregados na substituição de gordura em alimentos**. 2002. 116p. Tese (doutorado) -

Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia de Alimentos, Campinas, SP. 2002.

WALTER, M.; SILVA, L. P. da.; EMANUELLI, T. **Amido resistente: características físico-químicas, propriedades fisiológicas e metodologias de quantificação.** Ciência Rural, Santa Maria, v.35, n.4, p.974-980, jul-ago, 2005.

WANG, Y. J.; WANG, L. **Physicochemical properties of common and waxy corn starches oxidized by different levels of sodium hypochlorite.** Carbohydrate polymers. Booking V. 52, P. 207-217, 2003.

WATAI, L.T. **Painéis derivados da madeira.** São Paulo. ABPM (Associação Brasileira de Painéis de Madeira). n. 52, 1987.

WEBER, C. **Estudo sobre viabilidade de uso de resíduos de compensados, MDF e MDP para produção de painéis aglomerados.** 2011. Tese (mestrado) - Universidade Federal do Paraná, 2011.

WURZBURG, O. B. **Modified starches: properties and uses.** Boca Raton: CRC Press, 1986. 277 p.

YONEMOTO, P. G. **Efeito do tamanho dos grânulos nas características estruturais e físico-químicas do amido de trigo.** 2006, 101f. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Ciência de Alimentos, área de Ciência e Tecnologia de Alimentos) – Universidade Estadual Paulista, São José do Rio Preto, 2006.