

**ESTUDO E MODELAÇÃO DO PROCESSO DE
FABRICO DE PLACAS DE MADEIRA
REVESTIDAS COM FOLHA DE MADEIRA
NATURAL**

por

José Alberto Gomes dos Santos

Dissertação de Mestrado em Análise de Dados
e Sistemas de Apoio à Decisão

Orientada por:

Prof. Dr.^a Dalila B. M. M. Fontes

2010

Nota Biográfica

José Alberto Gomes dos Santos nasceu a 7 de Outubro de 1971 na freguesia de Serzedo, V.N.Gaia. Em 1972, juntamente com os pais, emigra para a Venezuela, para a cidade de Caracas, onde decorreu a sua formação primária e secundária em escolas luso-venezuelanas, entre os anos de 1978 e 1989. Em 1990 iniciou os estudos universitários, no curso de Informática no “*Instituto Superior de Mercadotecnia*” (ISUM), também em Caracas, tendo-se transferido, em 1992, para o curso de Bacharelato em Informática no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). Conclui este curso em 1995 com média final de 13,3 valores. Em 1996 é contratado como Analista/Programador na Radio Popular Electrodomésticos S.A, tornando-se rapidamente no responsável do departamento de informática da empresa. Nesse mesmo ano foi admitido para o Curso de Estudos Superiores Especializados (CESE) de Engenharia em Informática Industrial no Instituto Superior de Engenharia do Porto (ISEP). No ano de 1999 inicia funções de Analista de Sistemas/Consultor na Efacec - Sistemas de Informação S.A., tendo concluído nesse mesmo ano o CESE com a classificação final de 13,3 valores, conferindo-lhe assim o grau de Licenciado. Desde 2000 faz parte dos quadros técnicos superiores da SONAE Indústria PCDM S.A., desempenhando funções de Administrador de Sistemas SAP e Base de Dados Oracle e, desde Outubro de 2009, as funções de consultor funcional SAP BI/BW e SAP *Business Objects*.

Agradecimentos

À Professora Doutora Dalila Fontes, orientadora desta dissertação, pela disponibilidade e atenção dispensada.

Quero também agradecer a todos os que contribuíram de forma directa ou indirecta para a concretização deste trabalho, com especial destaque para todos os meus colegas de trabalho pela disponibilidade e apoio dado, em especial ao Ignácio (“Nacho”) e à Antonina pelo *know-how* do negócio, informação e tempo disponibilizados. Agradeço também ao departamento de relações e comunicações da SONAE Indústria pela documentação dispensada.

Aos meus pais Alberto e Maria de Fátima e à minha irmã Rosa pela incansável força e estímulo dados ao longo de todo o mestrado.

Por último, um agradecimento especial à minha esposa Isabel, pelo encorajamento, os seus chazinhos para as noitadas e por ter sido compreensiva e tolerante durante os meses difíceis da gravidez. À minha filha Sara, pelas traquinices, incansável energia e constantes solicitações para deixar tudo e ir brincar com ela. Ao meu filho Rafael, por ter chegado a este mundo e ter enriquecido ainda mais a minha vida.

Resumo

A dificuldade progressiva em encontrar madeira de grandes dimensões, assim como a procura de soluções estruturais que impedissem, por exemplo, a entrada de luzes, como aconteceu com o aço, fez com que se pensasse em soluções consistentes de união (colagem) de peças de madeira de pequenas dimensões. Isto conduziu, inicialmente, ao desenvolvimento dos painéis contraplacados, que vieram resolver o problema de obtenção de madeira de grandes dimensões (comprimento e largura), mas não satisfaz a necessidade existente por um produto capaz de utilizar a grande quantidade de resíduos gerados pelas indústrias da madeira. Portanto, um dos objectivos na utilização das placas de madeira de fibras ou aglomerada é aproveitar madeiras de baixa qualidade, de pequenas dimensões ou mesmo resíduos resultantes (serrim, fitas, estilhas e lascas de madeira), além de obter painéis ou placas de maior dimensão que os contraplacados.

A indústria de aglomerados de partículas ou fibras é por natureza do tipo contínua, dado a maquinaria utilizada (formadoras, encoladoras ou secadores) se adaptar mal à sua reinicialização, obrigando assim à laboração ininterrupta, o que muitas vezes está em contradição com a situação comercial da empresa que obriga a paragens periódicas.

Pretende-se com este trabalho caracterizar o processo de fabrico de placas de madeira revestidas com folha de madeira natural, desde a recepção da matéria-prima, passando pelos processos de transformação da mesma até a expedição do produto final, tendo em vista a identificação de eventuais *bottlenecks* de forma a melhorar os processos e respectiva produtividade.

Abstract

The gradual difficulty to find wood of large dimensions, as well as the search for structural solutions that hinders, for example, the light's entrance, as it had happened with the steel, lead to solutions that get together (to glue) small dimensions of wooden parts. Initially, this lead to the development of plywood panels, that solved the problem of large dimensions wooden attainment (width and length), but did not satisfy the existing necessity for a product capable of using the large amount of residues generated by wood industries. Therefore, one of the purposes for particleboard and fiberboard utilization is to be able to use wood of low quality or small dimensions or the resulting residues (sawdust, ribbons, particles and wood chips), to obtain panels of bigger dimension than plywood.

The particleboard or fireboard industry works on a continuous mode, since the used machinery (board formation, pre-pressing or drying) badly adapts to its reset thus compelling to the uninterrupted laboring, which often is in contradiction with the company's commercial situation that requires periodic stops.

In this work is characterized the process of veneer faced wood panels manufacturing, since raw-material reception, passing through the transformation process until the expedition of the end product. The study also focuses on the identification of possible bottlenecks in order to improve the production process and productivity.

Índice

1	Introdução	1
1.1	Contexto e Motivação do trabalho	3
1.2	Descrição do Problema	4
2	Descrição de Processos	7
2.1	Aglomerado de Partículas	7
2.1.1	Preparação das partículas de madeira	8
2.1.2	Encolagem	8
2.1.3	Formação	8
2.1.4	Prensagem	8
2.1.5	Acabamento	8
2.1.6	Controlo de qualidade	9
2.1.7	Embalagem	9
2.1.8	Armazenagem e expedição	9
2.2	MDF (Medium Density Fibre / Fibra de densidade média).....	11
2.2.1	A estilha	12
2.2.2	A fibra	12
2.2.3	A resina	12
2.2.4	Secagem	12
2.2.5	Prensagem	13
2.2.6	Acabamento	14
2.2.7	Corte.....	14
2.2.8	Embalagem	14

2.3	Revestimento com folha de madeira natural.	14
3	Modelação	17
3.1	Recolha de Dados Iniciais	18
3.1.1	Portaria:	18
3.1.2	Determinação do volume de produção:.....	19
3.1.3	Linhas de Produção de Placas MDF:	19
3.1.4	Arrefecimento e Estabilização:	21
3.1.5	Acabamento MDF cru:.....	21
3.1.6	Acabamento - Linha de Folheado:	22
3.1.7	Expedição:.....	22
3.2	Construção do Modelo de Simulação	23
4	Análise de Resultados	25
4.1	Submodelo 1	25
4.2	Submodelo 2.....	28
4.3	Cenários Alternativos	29
5	Conclusão	33
	Bibliografia.....	35
	Anexo 1	37
	Anexo 2	41

Índice de Figuras

Figura 1 – Relações entre Fábricas.....	6
Figura 2 - Fluxograma Processo Fabrico Aglomerado.....	10
Figura 3 - Processo de Fabrico de Painéis MDF.....	11
Figura 4 – Formação do colchão de fibras.....	13
Figura 5 - Fluxograma Revestimento do Aglomerado com Folha de Madeira.....	15
Figura 6 – Prensa de Pratos.....	20
Figura 7 – Prensa contínua.....	20
Figura 8 – Arrefecedores.....	21
Figura 9 – Modelo de Simulação.....	23
Figura 10 – Resultados de entrada de camiões por tipo.....	25
Figura 11 – Utilização de recursos no submodelo-1.....	26
Figura 12 – Fila de espera Cais Carga/Descarga.....	27
Figura 13 – Histograma.....	27
Figura 14 – Gráfico de Barras.....	28
Figura 15 – Unidades processadas Linhas Produção e Folheados.....	28
Figura 16 – Definição de Cenários Submodelo-1.....	30
Figura 17 – Representação Gráfica de Cenários Analisados.....	30
Figura 18 – Intervalos Confiança Submodelo-1.....	31
Figura 19 – Definição de Cenários Submodelo-2.....	31
Figura 20 – Comparação entre Cenários Submodelo-2.....	32
Figura 21 – Movimento Empilhador entre Armazém e Prensa Folheados.....	37
Figura 22 – Movimento de Camiões.....	38

Figura 23 – Destroçador.....	38
Figura 24 – Produção de Placas de Madeira.....	39
Figura 25 – Linha de Folheados.....	39
Figura 26 – Empilhadores no Armazém Intermédio.....	40
Figura 27 – Tempos chegada camiões de aglomerado e carga placas revestidas.....	41
Figura 28 – Tempos chegada camiões de rolarias (mat.prima).....	42
Figura 29 – Tempos de produção de placas linhas 1 e 2 (por unidade produzida).....	42
Figura 30 – Tempos de expedição e de linha de folheados (por unidade).....	43

Capítulo 1

1 Introdução

Ao longo dos séculos, o homem tem-se servido da madeira para suas necessidades essenciais: obtenção de energia, construção naval, habitação, ferramentas agrícolas, mobiliário, etc. Conscientes de que a madeira maciça é um bem escasso e de que as florestas naturais não constituem uma reserva ilimitada, centros tecnológicos e indústria deram início ao desenvolvimento de produtos alternativos capazes de dar resposta à procura crescente de madeira no mercado. Estes produtos alternativos teriam de melhorar o aproveitamento da floresta assim como diminuir as exigências relativas à qualidade da matéria-prima, além de produzir produtos homogêneos e normalizados para serem aceitos pelo mercado internacional. Como consequência destas investigações surgem os painéis derivados de madeira.

A indústria de painéis de partículas de madeira aglomerada (aglomerados) teve sua origem na Alemanha, desenvolvendo-se após a 2ª Guerra Mundial devido a problemas de indisponibilidade de madeira de boa qualidade para produção de painéis contraplacados. Procuraram-se assim fontes de matéria-prima como resíduos de madeira para produção de aglomerados de forma a serem uma alternativa e suprirem as necessidades de painéis contraplacados. A partir de 1960 iniciou-se a expansão em massa desta indústria nos EUA e no resto do mundo. Em Portugal, esta indústria chegou em 1959, com o aparecimento da fábrica de madeira aglomerada “Novopan”, mas só em

1960, segundo o seu fundador, Sr. Joaquim Moreia dos Santos, o produto final produzido foi considerado como “bom”.

A partir da década de 80, a indústria de painéis de partículas de madeira apresenta uma evolução significativa quer em termos de produção quer em termos de inovação tecnológica. A necessidade de um melhor aproveitamento da madeira - matéria-prima - e o uso racional de recursos florestais tem incentivado o desenvolvimento de novos produtos e processos produtivos como Contraplacado (*Plywood*), Aglomerado (*Particle Board*), MDF (*Medium Density Fibre / Fibra de densidade média*) e OSB (*Oriented Strand Board / Fibra orientada*).

A primeira placa de MDF foi fabricada na empresa Allied Chemicals, nos EUA, em 1965. Na Europa, a primeira fábrica a ser instalada foi a Volkseigener Betrieb Faserplattenwerk, na ex-RDA em 1973. A fábrica espanhola Intamasa é a mais antiga da Europa Ocidental, cuja produção de MDF arrancou em 1977.

Os sectores de construção civil e de mobiliário são os principais responsáveis pela evolução tecnológica do segmento de indústrias de painéis de partículas de madeira, tendo em vista a utilização destes painéis como matéria-prima básica.

Na produção de painéis aglomerados as principais variáveis de controlo do processo produtivo são: densidade da madeira a ser utilizada, densidade do painel, geometria e humidade das partículas, quantidade de resina e ciclo de prensagem (*Moslemi, 1974; Kelly, 1977; Maloney, 1977*). Do controlo destas variáveis dependem as propriedades de resistência e estabilidade dimensional das placas produzidas, sendo as mais importantes: módulo de elasticidade e de ruptura em flexão estática, ligação interna, resistência ao arranque de parafuso, absorção de água e inchamento em espessura (*Kollman et al., 1975; Tsoumis, 1991*).

1.1 *Contexto e Motivação do trabalho*

O processo de fabrico de painéis (ou placas) de madeira consiste fundamentalmente na produção de partículas de madeira. O processo de fabrico é conceptualmente simples, no entanto, a sua produção à escala industrial requer maquinaria de alta tecnologia. Os materiais utilizados são aproveitados ao máximo, uma vez que, concluído o ciclo de vida do produto, este pode ser reciclado, convertendo-se novamente em produto ou em energia.

As placas de madeira são produzidas misturando troços de madeira (partículas ou desperdício) com colas ou resinas a temperatura e pressão muito elevadas. Como não possuem veio, não torcem ou estilhaçam.

Os diferentes tipos de placas obtidos podem ser resumidos em:

- MDF (*Medium Density Fibre* / Fibra de densidade média). → Fabricado através da aglutinação de fibras de madeira finas, coladas com resinas sintéticas e outros aditivos (como o formaldeído), e fixadas através de aplicação de altas temperaturas e pressão.
- OSB (*Oriented Strand Board* / Fibra orientada) → Feita de grandes estilhas e lascas de madeira orientadas segundo uma determinada direcção, em camadas perpendiculares, e coladas entre si (95% madeira, 5% ceras e resinas). São colocadas numa prensa térmica que comprime e cola os flocos (fibras de madeira) sob alta temperaturas e cura da resina que se encontra nas fibras da própria madeira. Esta orientação cruzada confere resistência aos painéis, sendo assim adequados para aplicações estruturais e não estruturais na indústria da construção.
- Aglomerado (*Particle Board*) → É um produto à base de madeira reciclada, misturando serrim com adesivos. Embora não torça nem estilhace, pode inchar e desfazer-se se exposto à humidade.
- Contraplacado (*Plywood*) → O contraplacado ou madeira compensada é um painel feito com chapas finas de madeira coladas transversalmente com as fibras recorrendo a resinas sintéticas sob forte pressão e calor. Esta técnica melhora de

forma notável a estabilidade dimensional da placa obtida comparativamente com a madeira maciça. Os troncos são colocados numa máquina que os faz girar para realizar o corte, a fim de produzir uma folha de chapa, que é cortada com medidas apropriadas. De seguida, esta chapa vai para uma estufa para madeira, onde se corrigem eventuais imperfeições e, finalmente, é colada sob pressão a temperaturas de 140°C, formando assim o contraplacado. Estas placas podem ser cortadas, polidas, pintadas, etc., dependendo do uso que se lhes der.

1.2 *Descrição do Problema*

A Sonae Indústria produz materiais derivados de madeira, isto é, placas e painéis de aglomerado (PB), MDF, OSB e contraplacados.

Existe uma linha de produção numa das fábricas da SONAE Indústria, fábrica M, que faz revestimento de placas (MDF ou Aglomerado) a folha de madeira natural – linha de revestimento de folheados. Esta linha de produção, para além de ser alimentada pela produção de placas da própria unidade fabril, também recebe as placas produzidas pela fábrica O. A folha de madeira natural emendada é fornecida pela fábrica C. As unidades fabris M, O e C estão, em termos geográficos, relativamente próximas umas das outras.

Para elaboração destas placas folheadas são necessários os seguintes elementos:

- Placas (produzidas quer pela fábrica M, quer pela fábrica O);
- Folha de frente ou “cara” e folha de “verso” (ambas fornecidas pela fábrica C).

A fábrica C recebe as folhas de madeira de outros fornecedores, construindo depois o revestimento “cara” e “verso” com que irá fornecer as encomendas da fábrica M. Resulta que estas folhas de madeira nem sempre existem em quantidade suficiente (em C) para satisfazer as necessidades de produção de M, tendo em consideração as qualidades finais pedidas pelo mercado.

Sempre que C consegue preencher um camião de folha de revestimento, este é enviado para M, mas não necessariamente com todos os recursos que M precisa para satisfazer as encomendas que entretanto começou a produzir. Ou seja, C só expede quando preenche na totalidade o camião. Isto faz com que exista um processo manual, associado a 2 - 3 pessoas, para tentar satisfazer as ordens de produção mais antigas, o que não otimiza a produção.

C, como foi dito, compra folha natural em tiras a vários fornecedores. Produzem a folha emendada nas dimensões de placas para servir o revestimento. Neste processo de emenda há sempre uma percentagem de defeitos que ronda os 10%. Para além disso, o lote de produção pode derivar produtos (revestimentos) de diversas qualidades:

- AA – Folha Qualidade Superior Extra
- AAS – Qualidade Superior Extra não Classificada
- AB – Folha Loteada
- ABS - Folha Loteada Não Classificada
- C - Folha Equilíbrio 2^a
- Etc...

Devido ao facto de C não conseguir satisfazer as necessidades de revestimento para as ordens de produção de M, esta última não consegue dar uma previsão de entrega do produto final ao cliente, apesar de trabalharem com previsão de mercado e quotas.

A Figura 1 ilustra as relações acima descritas.

Este trabalho tem como objectivo o estudo do processo de produção de placas revestidas com folha de madeira natural de uma unidade fabril de um grupo português. Prevê-se assim simular o processo completo da transformação da madeira em placa revestida/folheada, baseando este estudo quer em informações fornecidas pelas próprias unidades fabris - capacidade de produção das linhas, carteira de encomendas, qualidade final do artigo produzido espectável, paragens programadas, ... - assim como de informação do próprio processo de transformação da madeira disponibilizado por diversas entidades e instituições na internet.

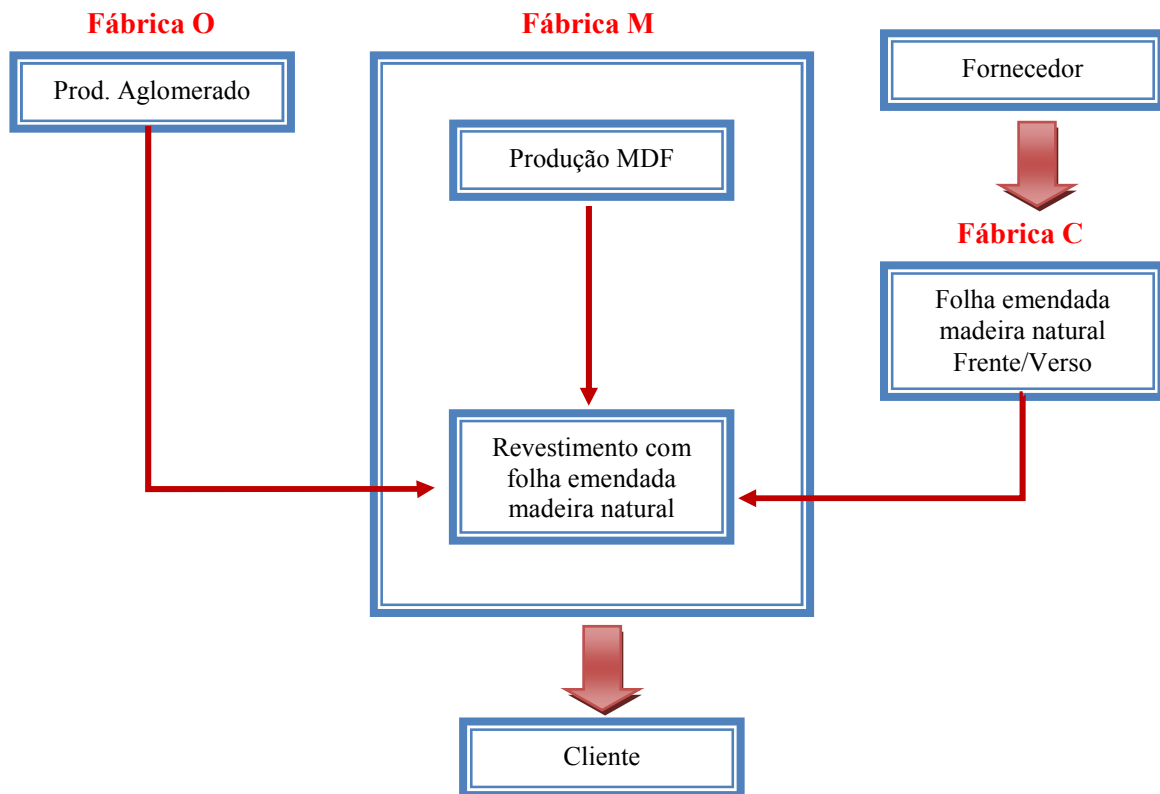


Figura 1 – Relações entre Fábricas.

O objectivo passa então por modelar este processo de fabrico de placas de madeira revestidas com folha de madeira natural utilizando técnicas de simulação. Utilizar-se-á para este efeito o software Rockwell Arena 10, versão STUDENT.

2 Descrição de Processos

2.1 *Aglomerado de Partículas*

O aglomerado de partículas de madeira ou aglomerado de madeira (como é vulgarmente conhecido) é constituído por partículas de pinho marítimo, ligadas entre si por resinas sintéticas de ureia-formaldeído. Sob a acção da pressão e da temperatura, a resina polimeriza, garantindo a coesão do conjunto.

O aglomerado de madeira pode, depois, ser pintado ou revestido com vários materiais, como:

- Papéis impregnados com resinas melamínicas;
- Papéis envernizáveis;
- Papéis “*finish-foil*”;
- Folha de madeira natural;
- PVC;
- Papel de parede; etc.

A Figura 2 mostra o fluxograma do processo de fabrico dos painéis aglomerados, processo este que se explica de seguida.

2.1.1 *Preparação das partículas de madeira*

Toda a madeira é destrozada e transformada em partículas de pequena dimensão e geometria variável, conforme o efeito que se pretenda obter. Depois, as partículas são submetidas a um processo de secagem e separação granulométrica, após o que são armazenadas em silos próprios, sendo as mais finas destinadas à camada externa do aglomerado e as mais grossas destinadas à camada interna.

2.1.2 *Encolagem*

Cada um daqueles 2 tipos de partículas passa numa linha de encolagem própria, na qual a resina previamente enriquecida com alguns aditivos, é pulverizada e misturada com a madeira.

2.1.3 *Formação*

Após a encolagem, as misturas partículas/cola são depositadas de forma ordenada sobre um tapete (em alguns casos sobre tabuleiros metálicos), ficando por baixo e por cima uma camada fina e, no meio, uma camada um pouco mais grosseira. Seguidamente, para maior consistência da manta formada, esta é normalmente submetida a uma pré-prensagem a frio.

2.1.4 *Prensagem*

O produto é introduzido na prensa onde é submetido, a um ciclo bem definido de pressão e temperatura, sob a acção do qual a cola reage, polimerizando e ligando entre si as partículas de madeira. Obtêm-se assim placas de aglomerado de madeira. Após a prensagem, as placas de aglomerado passam por uma zona de arrefecimento lento e de estabilização.

2.1.5 *Acabamento*

Para obter um acabamento de superfície adequado à sua utilização posterior e, ao mesmo tempo, garantir uma espessura correcta e uniforme, as placas de aglomerado são

sujeitas a um processo de lixagem. Este processo tem várias secções, geralmente três, com grãos de lixa em sequência 60/80/100. Para acabamentos mais finos, pode ser utilizado grão de lixa 120.

Completam o acabamento operações de esquadriagem e de marcação dos bordos com o código de produção.

2.1.6 *Controlo de qualidade*

Já nas suas dimensões e aspecto finais, as placas de aglomerado de madeira são submetidas a uma rigorosa inspeção, para detecção de eventuais deficiências. Esta operação não é mais do que uma das últimas etapas de um vasto programa de inspeção, ensaio e controlo da qualidade.

2.1.7 *Embalagem*

As placas, devidamente classificadas, identificadas e marcadas, são então orientadas para mesas de embalagem adequadas, onde são embaladas de acordo com as especificações do cliente a quem se destinam e as condições de transporte.

2.1.8 *Armazenagem e expedição*

Os lotes ou paletes de placas são armazenados em locais próprios, até ao momento da expedição para o cliente.

2.2 MDF (Medium Density Fibre / Fibra de densidade média)

Sendo o MDF um produto de fibras de madeira, é exactamente a madeira maciça a matéria-prima utilizada na sua fabricação.

Refira-se a importante componente ecológica desta indústria, pois grande parte da madeira de pinho utilizada é sob a forma de costaneiros e ripas disponibilizadas nas serrações de madeira e também sob a forma de estilha – pequenos cavacos produzidos a partir de desperdícios de madeira. Também se pode utilizar rolaria de madeira de diâmetros que não podem ser aproveitados para serrações. Assim, transformam-se matérias, cujo destino provável seria a queima, em matéria-prima de qualidade para a indústria do mobiliário.

A Figura 3 resume o processo de fabrico deste tipo de placas.

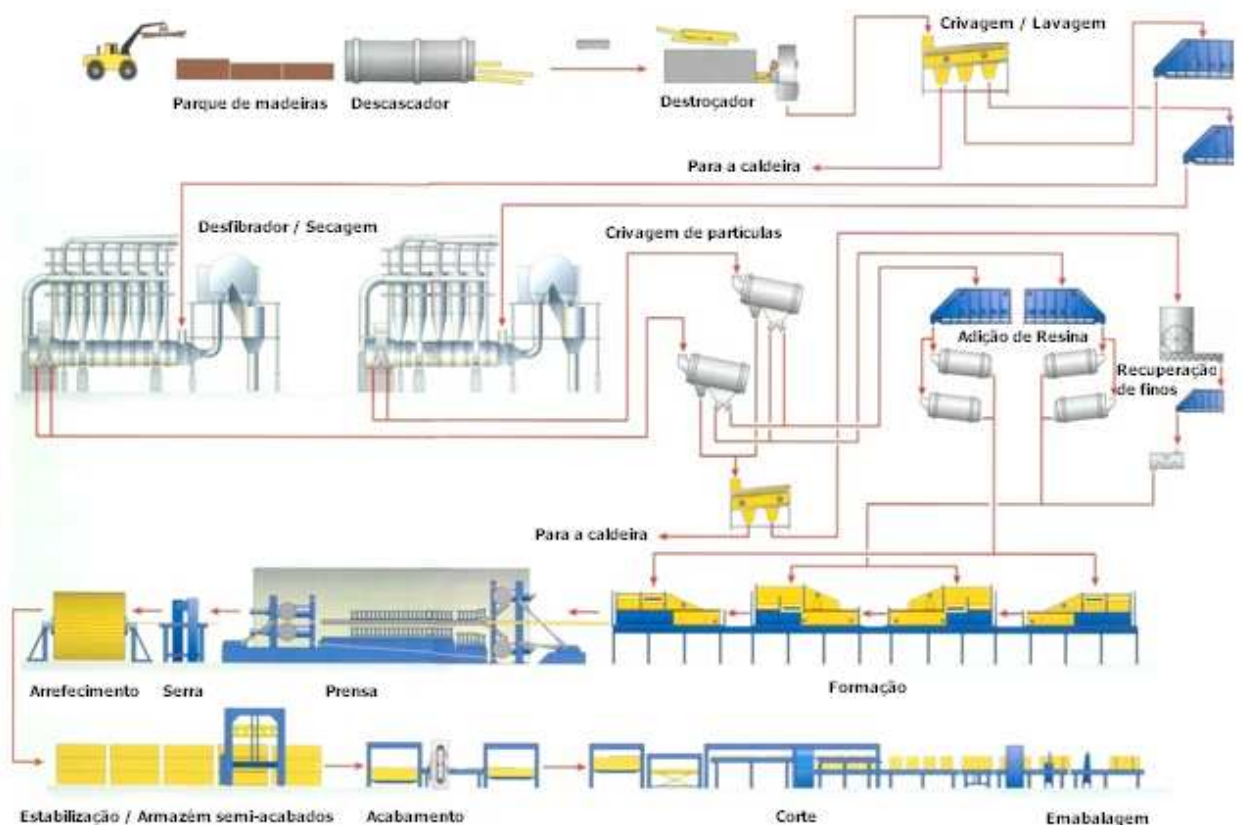


Figura 3 - Processo de Fabrico de Painéis MDF.

2.2.1 *A estilha*

A primeira etapa do processo consiste na preparação, criteriosa selecção e armazenamento da estilha em silos, conforme a origem da sua produção. Esta fase é de grande importância para a qualidade do produto final, pois permite garantir, através do controlo da mistura, o máximo de homogeneidade das características e da cor do produto final.

A fim de garantir uma dimensão ideal (~20mm), a estilha, com o peso controlado de forma contínua, passa sucessivamente por operações de selecção de tamanho e lavagem visando normalizar dimensões, remover areias e uniformizar o teor de humidade.

A estilha é, de seguida, submetida a um cozimento em vapor, sob pressão, para que a madeira fique mais maneável e possa ser transformada mais facilmente em fibra.

2.2.2 *A fibra*

A produção de fibra decorre de um processo de esmagamento entre dois discos metálicos, cujo resultado é o desfibramento da madeira, obtendo-se assim pequenos fios de madeira, ou seja, as fibras.

2.2.3 *A resina*

Quando se desfibra a madeira, elimina-se a resina natural que ela tem e se chama linhina. É necessário adicionar às fibras produzidas uma resina sintética que servirá para as aglomerar na operação de prensagem. As fibras que saem do desfibrador são obrigadas a passar, a grande velocidade, através de um tubo de pequeno diâmetro onde existe um sistema de pulverização de resina aglomerante, daqui resultando fibras húmidas com vapor de água e resina.

2.2.4 *Secagem*

É bem sabido que as madeiras usadas em mobiliário devem estar secas, isto é, com um valor de humidade a rondar os 10%. A operação de secagem é efectuada fazendo passar

as fibras húmidas através de um secador (um longo circuito com gases quentes), havendo extracção da humidade para que, no final, as fibras tenham a humidade referida e mantenham a resina necessária à sua aglomeração.

2.2.5 *Prensagem*

Sobre um tapete transportador, são depositadas as fibras que formam um colchão de espessura variável, conforme a espessura final desejada para a placa, mas sempre muito superior à desta.

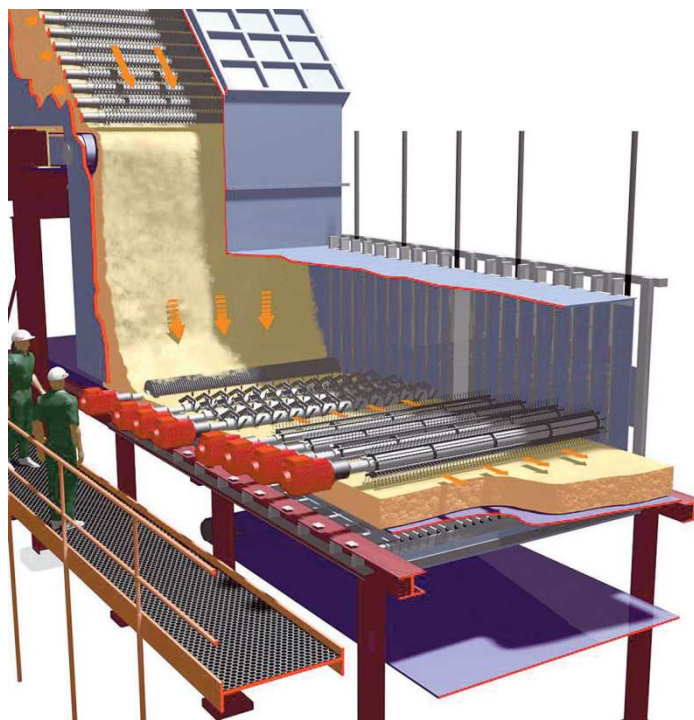


Figura 4 – Formação do colchão de fibras.

Na fábrica M existem dois tipos de prensa: pratos múltiplos (estática) e contínua. Na primeira, o colchão em contínuo sofre uma pré-prensagem a frio onde perde algum ar e reduz gradualmente a sua espessura inicial. A seguir, o mesmo colchão de fibra é seccionado em comprimentos iguais aos dos pratos da prensa onde entra e estaciona durante alguns minutos em condições de temperatura e pressão necessárias à cura da resina, resultando desta operação placas com a espessura e características desejadas.

Na prensa contínua, o movimento do colchão é contínuo e, após a pré-prensagem (igual à atrás referida), realiza-se a prensagem efectuada com ajuda de cintas metálicas

(pratos) e de rolos pressores aquecidos, sendo os painéis cortados à saída, segundo as dimensões comercializadas.

2.2.6 *Acabamento*

Ao sair da prensa, as placas cortadas são arrefecidas numa estação de arrefecimento que possibilita a exposição ao ar das suas duas superfícies, seguindo depois para o armazenamento por alguns dias, visando a estabilização das condições de temperatura e humidade no interior das placas.

Após este período de estabilização, as placas são lixadas em ambas as faces com lixas de grão fino, de forma a conseguir uma superfície lisa para acabamentos de qualidade superior.

2.2.7 *Corte*

Após a operação de lixagem, as placas prosseguem para serem cortadas em painéis de dimensões standard ou ainda para corte à medida (*cut-to-size*).

2.2.8 *Embalagem*

Finalmente, as placas são empilhadas cuidadosamente, envolvidas num plástico e protegidas superior e inferiormente por 2 placas de protecção, sendo o conjunto cintado a um conjunto de calços para facilitarem o transporte e movimentação da palete em segurança.

2.3 *Revestimento com folha de madeira natural.*

O processo de revestimento das placas inicia-se na selecção e emenda da folha de madeira. Estas operações são fundamentais na obtenção de um produto de elevada qualidade e fiabilidade.

A folha de madeira é seleccionada criteriosamente e colada topo a topo, obtendo-se assim painéis com largura adequada ao revestimento das placas de aglomerado. A prensagem a quente da folha de madeira com o aglomerado conduz à polimerização da cola aplicada previamente na superfície das placas. Os processos subsequentes de inspecção, classificação, marcação e embalagem são, em tudo, semelhantes aos descritos no ponto 2.1 Aglomerados de Partículas.

A Figura 5 mostra-nos o fluxograma deste processo.

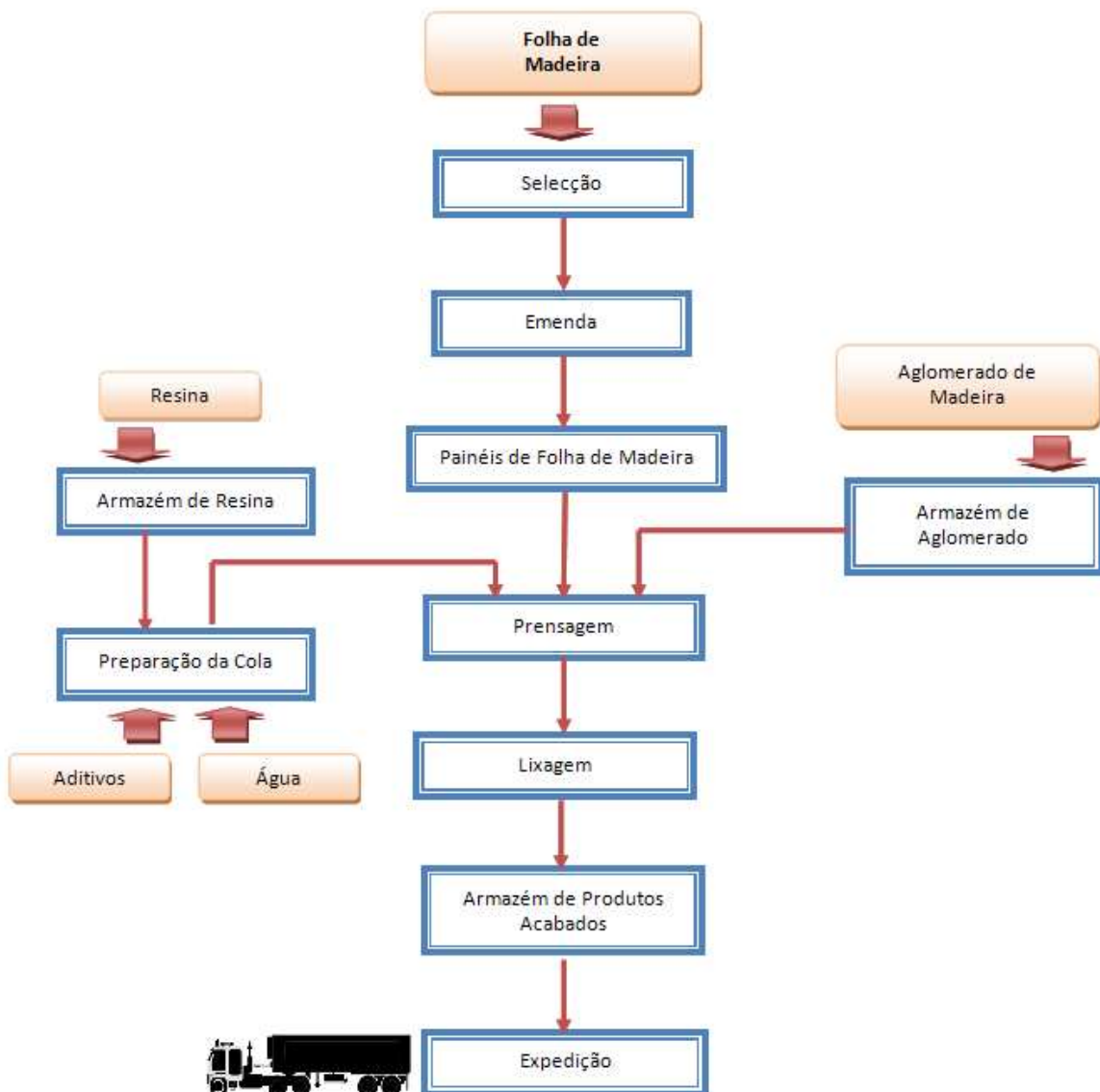


Figura 5 - Fluxograma Revestimento do Aglomerado com Folha de Madeira.

3 Modelação

Como já foi referido, este trabalho pretende caracterizar, em específico, o processo de fabrico de placas de madeira revestidas com folha de madeira natural. Para tal, o estudo focar-se-á na fábrica M, por ser esta unidade a que traz maior representatividade deste processo (Capítulo 1, Figura 1 - Relações entre Fábricas).

Dada à especificidade do negócio em estudo aliada à forte componente concorrencial existente no mercado tanto a nível nacional como a nível mundial assim como à restrição ao acesso a informação considerada crítica (confidencial), não foi de todo possível obter, para as unidades fabris em estudo, informação exacta para cada uma das fases ou etapas pelas quais a madeira (matéria-prima) passa até ser transformada em painéis revestidos a folha de madeira natural (produto final). O mesmo acontece para os dados relativos ao volume de produção.

Mesmo com estas dificuldades, foi possível recolher informação relevante para esses mesmos processos de transformação, que permitem assim sustentar o modelo de simulação. Esta informação foi retirada de diversas fontes:

- Literatura especializada;
- Fichas técnicas de maquinaria industrial associada à indústria transformadora da madeira;

- Consulta da base de dados de outras fábricas pertencentes ao mesmo grupo económico das fábricas O, M e C;
- Apresentações para investidores (de empresas desta indústria cotadas em bolsa);
- Internet.

3.1 *Recolha de Dados Iniciais*

Da base de dados foi retirada informação respeitante a 4 meses de produção de forma a obter a percentagem de placas de maior fabrico e assim ter uma simulação de um mês que possa permitir a determinação da existência ou não de *bottlenecks*.

O acerto dos dados em relação a uma distribuição foi feito mediante a utilização do *Input Analyzer*, ferramenta que está incluída no Arena e que permite analisar o comportamento de algumas variáveis durante a simulação através de gráficos (histogramas, intervalos de confiança, gráficos de barras, etc.).

3.1.1 *Portaria:*

A linha de produção de placas revestidas a folha de madeira natural é alimentada por placas MDF produzidas na própria unidade fabril M, por placas aglomeradas produzidas pela fábrica O e por folhas de madeira natural provenientes da fábrica C. Tendo em conta que a produção do MDF na unidade M necessita de matéria-prima, temos que à portaria chegam 4 tipos distintos de camiões:

- Camiões com matéria-prima (essencialmente troncos de madeira ou rolarias);
- Camiões carregados com placas aglomeradas provenientes da fábrica O para serem revestidas com folha de madeira natural;
- Camiões carregados com folhas de madeira natural provenientes da unidade C;
- Camiões para serem carregados com placas folheadas ou não folheadas.

A chegada de todas estas entidades obedecem às seguintes distribuições:

Tipo Camião	Distribuição	Observações
Matéria-Prima	7 + WEIB(12.4, 0.75)	
Placas Aglomeradas	616 + EXPO(230)	

Tipo Camião	Distribuição	Observações
Folhas de madeira natural	DISC(0.42,1,1.00,0)	0 → sem recepção de folhas 1 → com recepção
Vazios, para expedição	25 + LOGN(42, 97.3)	

O tempo despendido na portaria segue uma distribuição uniforme, sendo necessários dois recursos para registar a entrada/saída destes veículos pesados.

3.1.2 *Determinação do volume de produção:*

Wilhelm Klauditz chamou superfície específica à superfície obtida a partir de 1000 gramas de madeira cuja fórmula pode ser descrita como:

$$\text{Superfície Específica} = \frac{0,2}{p * e}$$

onde a partícula é tida como um prisma de secção quadrada de lado e e espessura p em milímetros. Por exemplo, com 100 gramas de madeira de pinho, com peso específico de $0,44\text{gr/cm}^3$ para partículas de 1mm de espessura, obtém-se uma superfície total de $0,45\text{ m}^2$ (Garcia Esteban, L. et al., 2002).

$$\text{Superfície Específica} = \frac{0,2}{1 * 0,44} = 0,45$$

No entanto, com a mesma quantidade de madeira mas com espessura de 0,1mm são obtidos $4,54\text{m}^2$ (Garcia Esteban, L. et al., 2002).

Dado não ser possível obter dados amostrais dos pesos da madeira que entra na fábrica como matéria-prima e, para simplificar cálculos, o modelo de simulação assume como peso médio $0,44\text{gr/cm}^3$ por cada 100 gramas de madeira.

3.1.3 *Linhas de Produção de Placas MDF:*

A linha de produção é composta pelas fases de formação, prensa e serra (ou corte), como ilustrado no capítulo 2 (Figura 3 - Processo de Fabrico de Painéis MDF).

Nesta fábrica M existem 2 linhas de produção, ambas direccionadas à produção de painéis MDF. Uma linha é composta por prensas em forma de prato (Figura 6) enquanto

a outra utiliza a formadora contínua (Figura 7). A principal diferença entre estas linhas é que a linha contínua, por ser mais rápida, é utilizada para o fabrico de placas de espessura fina, enquanto a de pratos se utiliza para fabrico de placas de maior espessura.

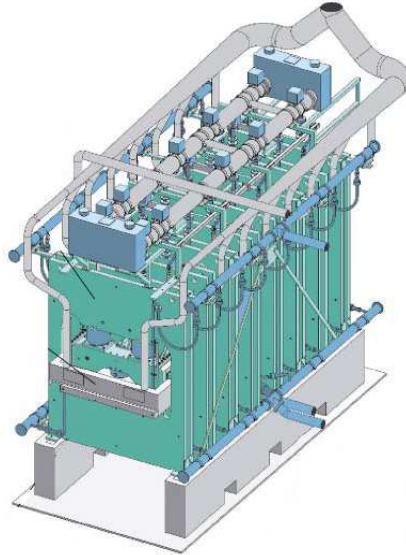


Figura 6 – Prensa de Pratos.

Depois de ser formado o colchão de fibras, este passa primeiramente por uma espécie de pré-prensa, que reduz num terço a sua espessura inicial. De seguida, passa para a prensa propriamente dita, onde o colchão fica praticamente com a espessura final desejada. Por último, o manto é cortado em painéis de 7320 mm de comprimento.

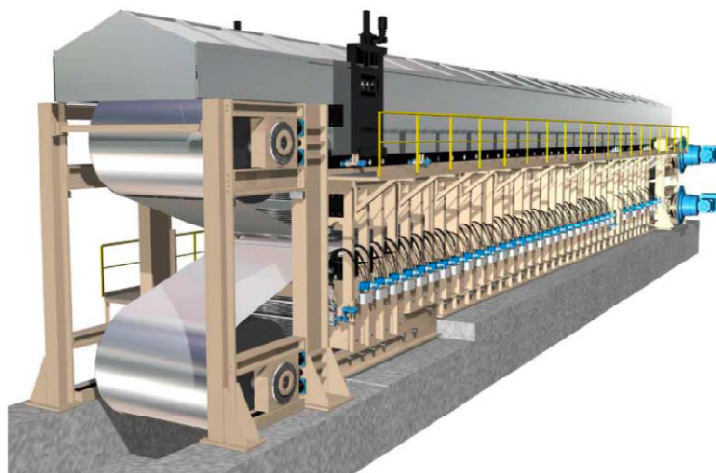


Figura 7 – Prensa contínua.

Em relação ao tempo de prensagem, este aumenta com a espessura do painel, o nível de prensagem, a temperatura e o teor de humidade das partículas e é traduzido com a densidade da madeira e o tamanho das partículas.

Os tempos recolhidos para cada uma das linhas de produção determinam que o fabrico dos painéis obedece às seguintes distribuições:

Tipo de prensa	Distribuição (Tempo por Unidade)
Prensa de pratos	WEIB(2.42, 2.01)
Prensa contínua	NORM(0.876, 0.307)

3.1.4 *Arrefecimento e Estabilização:*

Os painéis, quando saem da prensa ainda ostentam as altas temperaturas a que estiveram sujeitos, sendo necessário esfriar os mesmos. Para isso, os painéis são colocados nos arrefecedores (Figura 8) e depois seguem para o armazém de semi-acabados, de forma a permitir a estabilização.



Figura 8 – Arrefecedores.

3.1.5 *Acabamento MDF cru:*

As lixadoras têm os seus tempos de produção anexados ao volume (m^2/s), isto é, a espessura do painel não é relevante nesta fase. Por conseguinte, quanto maior for a superfície da placa maior será o tempo dispendido na lixadora.

O planeamento da produção, na maioria dos casos, já tem esta situação em consideração e vai alternando o fabrico de painéis entre finos e grossos, de forma a evitar um *bottleneck* neste sector (entre a prensa e a lixadora).

3.1.6 *Acabamento - Linha de Folheado:*

Esta linha é bastante simples. Existe uma prensa central composta por um único prato. À entrada temos os componentes, uma mesa com os painéis de MDF ou de aglomerado e duas mesas com as folhas de madeira (uma para cada cara do painel).

O processo resume-se à colocação da folha para uma das caras, colocação da placa e colocação da outra folha de madeira por cima da placa. Seguem assim para a prensa e no fim, o painel é verificado pela secção de inspecção/qualidade (inspecção visual das duas caras).

Os tempos são de 22 segundos para preparação (prensa e mesas), seguindo-se um período que varia entre 28 e 100 segundos para a prensa (dependente do tipo de folha de madeira utilizada). Isto corresponde à distribuição WEIB(0.876, 2.13).

3.1.7 *Expedição:*

Na secção de expedição é onde se realizam as cargas dos camiões com o produto final, seja este lote composto por painéis de MDF cru (sem revestir) ou lotes de placas de MDF e/ou aglomerado revestidas com folha de madeira natural. Os tempos relevantes dizem respeito a:

- Tempos de preparação e carga do camião;
- Tempo de expedição propriamente dito.

Estes tempos obedecem às seguintes distribuições:

Tempos (fase)	Distribuição
Preparação e carga do camião	13 + LOGN(165, 216)
Expedição	11 + 332 * BETA(0.342, 4.65)

O cais de expedição permite que sejam carregados dois camiões em simultâneo. O processo contempla também a utilização de até três empilhadores.

3.2 Construção do Modelo de Simulação

Dividiu-se a modelação em 2 grandes partes ou submodelos.

Submodelo 1 composto por:

- Movimentação de camiões, onde se inclui o processo de carga/descarga;
- Destroçador de troncos de madeira, cuja actividade ocorre entre as 12 e as 16 horas;

Submodelo 2, que reúne as fases de:

- Produção dos painéis de MDF na linha de pratos e na linha contínua;
- Armazém, sem fazer gestão de stock nem de posições de armazém;
- Linha de folheados, onde ocorre o revestimento dos painéis MDF e aglomerados.

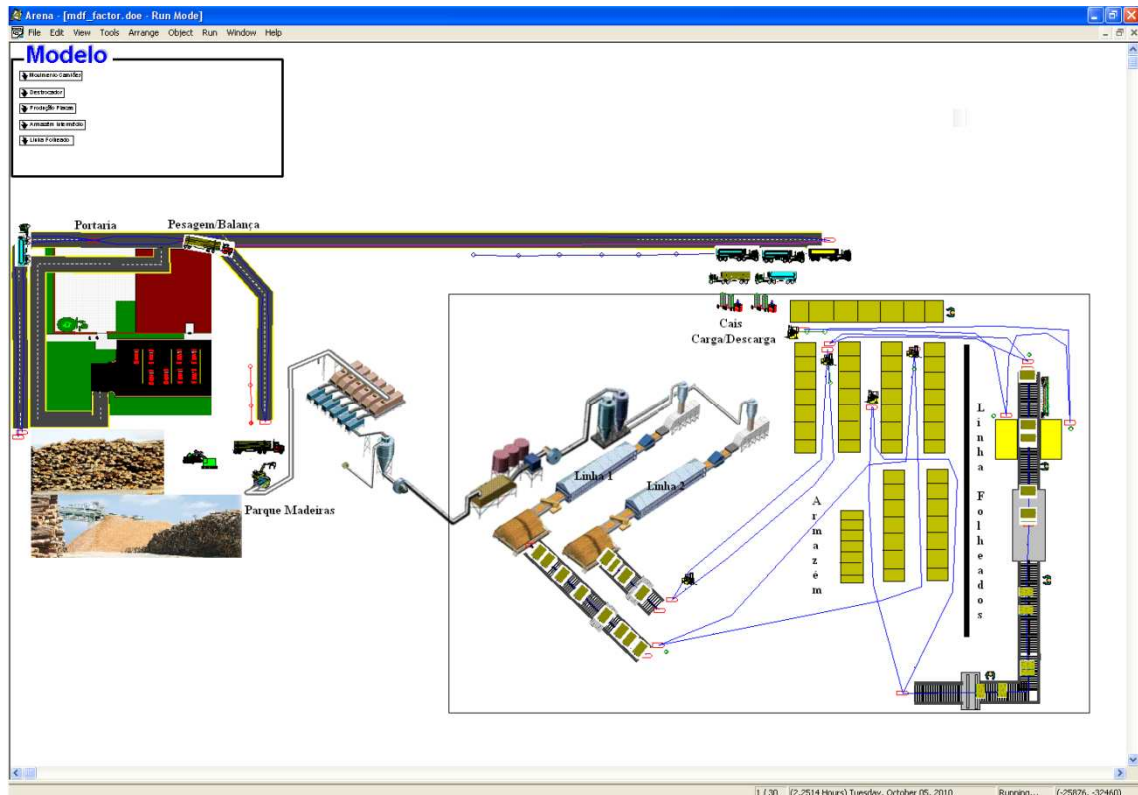


Figura 9 – Modelo de Simulação.

Gostaria de referir que nesta fase existiram dificuldades diversas. Devido a se ter utilizado a versão STUDENT, as maiores dificuldades estiveram associadas à forma de ultrapassar a limitação do número máximo de instâncias no modelo (150).

Mesmo assim, foi possível construir este modelo representativo da fábrica M (Figura 9), ao isolar os 2 submodelos em modelos independentes, o que permitiu ultrapassar, entre outras situações, a limitação do número máximo de instâncias, quer na execução da simulação quer na modelação propriamente dita.

Partindo dos dados representativos de 4 meses e de forma a tornar o modelo bastante próximo da realidade para 1 mês de produção, foram definidas:

- 30 réplicas ou execuções com duração de 24 horas cada para o subsistema 1;
- 4 réplicas com duração de 7 dias para o subsistema das linhas de produção 1 e 2 (pratos e contínua respectivamente) e da linha de folheados.

De salientar que a linha de produção 1 (pratos) não labora aos fim-de-semana nem aos feriados, o que obrigou à definição de um calendário para simular este efeito. Para o destroçador também foi necessário definir um calendário, visto este só estar em funcionamento 4 horas contínuas por dia, da parte da tarde.

Os resultados obtidos são analisados no Capítulo 4.

4 Análise de Resultados

4.1 *Submodelo 1*

Os primeiros dados apresentados dizem respeito ao subsistema de entrada/saída de camiões. Os resultados obtidos serviram também para validar o modelo construído, dado que os valores coincidem com os reais.

Number In	Average	HalfWidth	Minimum Average	Maximum Average
Camiões Aglomerado	33.2667	7,27	3.0000	67.0000
Camiões Rolarias (Mat.Prima)	1028.23	217,46	64.0000	1988.00
Camiões Folhas	10.0667	1,72	1.0000	17.0000
Camiões Expedição	377.63	77,67	24.0000	705.00

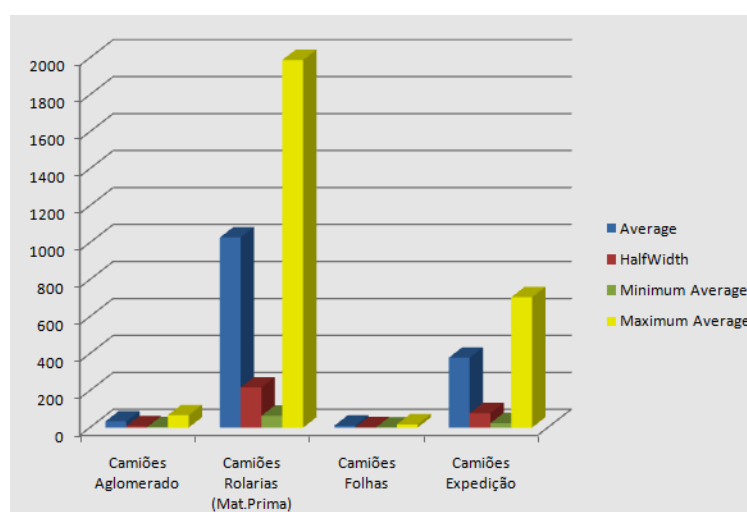


Figura 10 – Resultados de entrada de camiões por tipo.

Observa-se claramente que os camiões com matéria-prima são os que chegam em maior número (mais de 70%), seguindo-se os camiões destinados à expedição (cerca de 26%).

Os recursos também foram analisados. A figura seguinte mostra os valores obtidos na utilização de cada um dos recursos definidos na simulação.

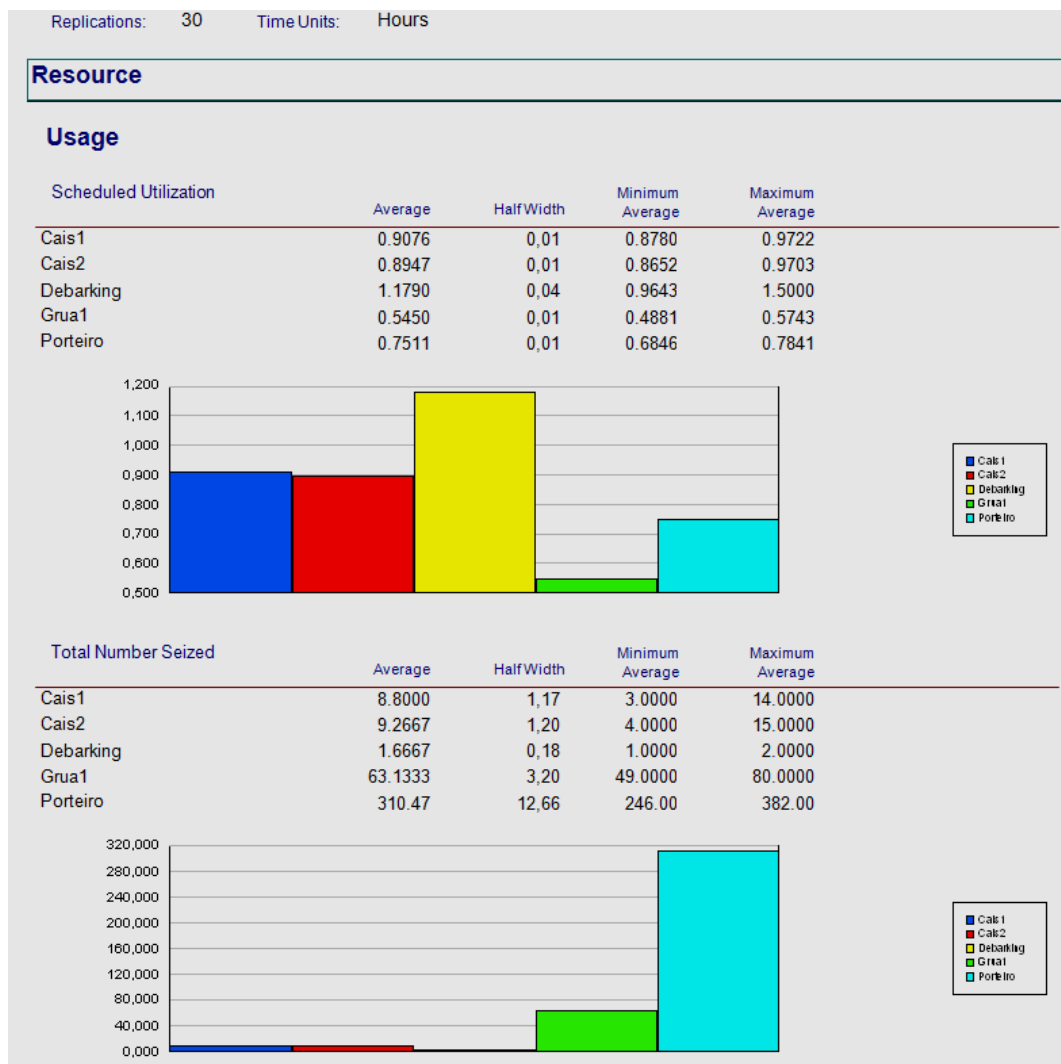


Figura 11 – Utilização de recursos no submodelo-1.

Durante a simulação foi bem visível a acumulação de um grande número de camiões no cais de carga/descarga. O ARENA diz que o valor máximo atingido foi de 21 camiões na fila de espera, o que denuncia aqui a existência de um *bottleneck*. De igual modo, verificaram-se filas de espera, embora mais pequenas, na “portaria” e na zona da “pesagem” (7 foi o valor máximo em cada situação). No entanto o tempo médio de

espera na fila não superou as 0,05 unidades de tempo (horas), pelo que não se consideraram estes locais passíveis de *bottleneck*.

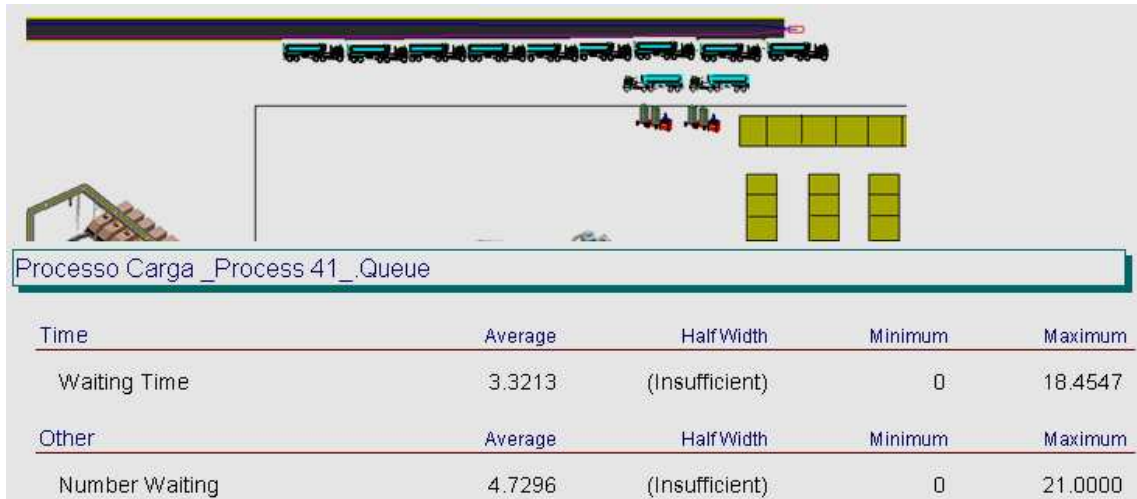


Figura 12 – Fila de espera Cais Carga/Descarga.

Através do *Output Analyzer* foi também possível visualizar graficamente os resultados obtidos na simulação do modelo. As Figuras 13 e 14 são exemplo, onde é possível verificar as frequências das observações ao longo do tempo.

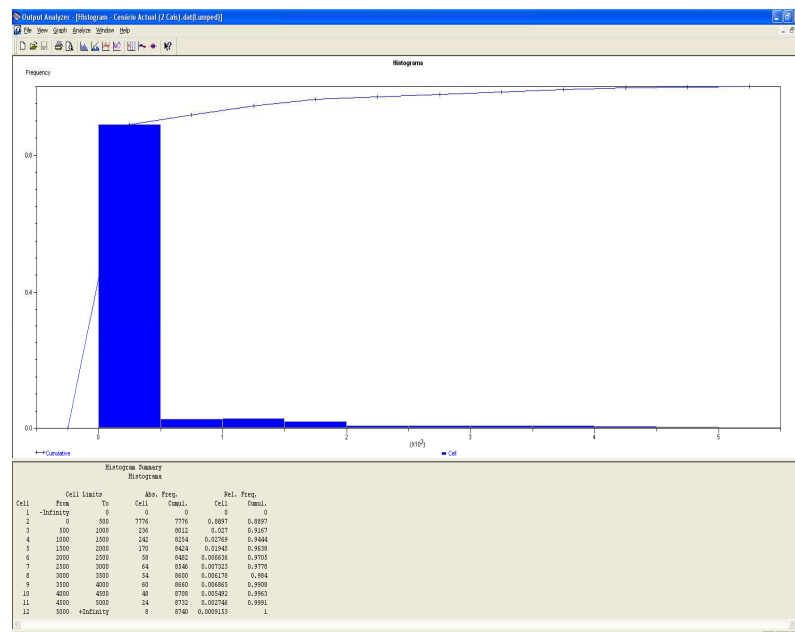


Figura 13 – Histograma.

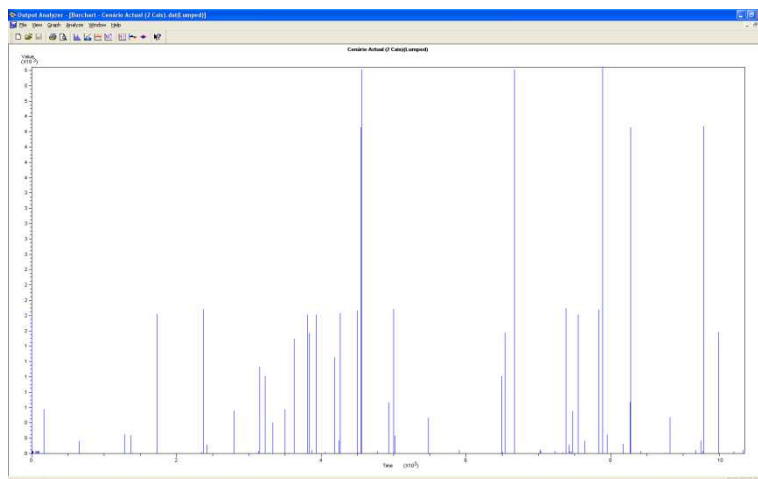


Figura 14 – Gráfico de Barras.

4.2 Submodelo 2

Em relação ao submodelo de produção de painéis e folheados, observa-se que a linha de folheados processa muito mais unidades do que as 2 linhas de produção de painéis.

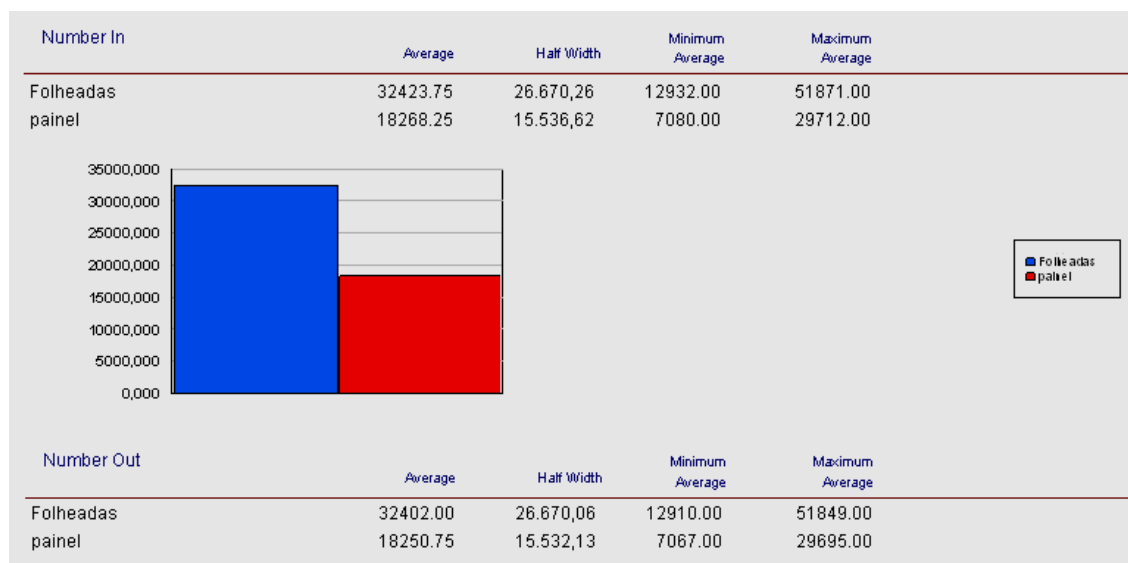


Figura 15 – Unidades processadas Linhas Produção e Folheados.

O quadro seguinte resume o volume de painéis produzidos por cada uma das linhas (em unidades), nas 4 execuções realizadas:

Nr. Réplica	Linha 1 (pratos)	Linha 2 (prensa contínua)
1	2410 (2410)	4657 (4657)
2	2466 (4876)	4725 (9382)
3	3046 (7922)	4679 (14061)
4	3020 (10942)	4692 (18753)

Não só pelo facto da linha 2 laborar ao fim-de-semana e feriados, mas também por produzir placas de espessura mais fina (até 19mm) fazem com que esta linha tenha um volume de produção muito superior à da linha 1. Pelos resultados obtidos essa diferença está próxima do dobro de unidades produzidas. Os valores entre parêntesis representam o acumulado entre réplicas.

Podemos concluir que a fábrica M poderá ver o seu volume de produção incrementado se optar por colocar a linha 1 também em laboração nos fim-de-semanas e feriados.

4.3 *Cenários Alternativos*

Para a proposta de cenários alternativos utilizamos uma outra ferramenta do ARENA, o *Process Analyzer*.

Esta ferramenta, também conhecida por PAN, ajuda na avaliação de alternativas contidas na execução dos diferentes cenários do modelo de simulação, sendo uma mais-valia quer para quem trabalha no desenvolvimento do modelo quer para os responsáveis por tomadas de decisão. O *Process Analyzer* permite a comparação dos *outputs* do modelo de simulação, já completo e validado, tendo como base a introdução de diferentes *inputs* para o mesmo modelo (definição de cenários).

Para o submodelo 1, utilizamos o PAN para comparar quer a evolução dos tempos médios de espera quer o número de camiões processados face ao aumento do número de cais de carga/descarga para 3 e para 4. A definição destes cenários é apresentada na figura que se segue.

S	Scenario Properties			Controls			Response																			
	Name	Program File	Reps	Cais1	Cais2	Cais3	AGLOMERA DO NumberIn	AGLOMERA DO NumberOut	AGLOMERA DO TotalTime	AGLOMERA DO WaitTime	MAT.PRIMA NumberIn	MAT.PRIMA NumberOut	MAT.PRIMA TotalTime	MAT.PRIMA WaitTime	TR.FOLHAS NumberIn	TR.FOLHAS NumberOut	TR.FOLHAS TotalTime	TR.FOLHAS WaitTime	TR.VAZO NumberIn	TR.VAZO NumberOut	TR.VAZO TotalTime	TR.VAZO WaitTime	Cais1.Limitation	Cais2.Limitation	Portero.Limitation	Portero.Limitation
1	Situación Actual (Cais: 2)	camiones.mst.factor (Cais: 2)	30	1.0000	1.0000		67.000	43.000	2.680	0.758	1988.000	1908.000	1.994	0.538	17.000	17.000	3.026	0.486	705.000	401.000	6.200	2.522	0.893	0.869	0.754	1.509
2	2-Com 3 cais	camiones.mst.factor (Cais: 3)	30	2.0000	1.0000		67.000	56.000	2.446	0.502	1967.000	1805.000	2.039	0.381	17.000	17.000	2.310	0.170	696.000	512.000	4.696	1.105	0.763	0.628	0.770	1.540
3	3-Com 4 cais	camiones.mst.factor (Cais: 4)	30	2.0000	2.0000		68.000	56.000	2.295	0.405	2060.000	1859.000	2.102	0.443	17.000	17.000	2.287	0.157	707.000	545.000	4.261	0.604	0.745	0.492	0.799	1.587

Figura 16 – Definição de Cenários Submodelo-1.

Após a execução dos 3 cenários, apurou-se um incremento bastante significativo do número de camiões de expedição e de aglomerado “tratados”. Por conseguinte, os tempos na fila de espera na zona de carga/descarga também diminuíram. O *Process Analyzer* também nos permite constatar estes factos visualmente, através da comparação gráfica dos resultados.

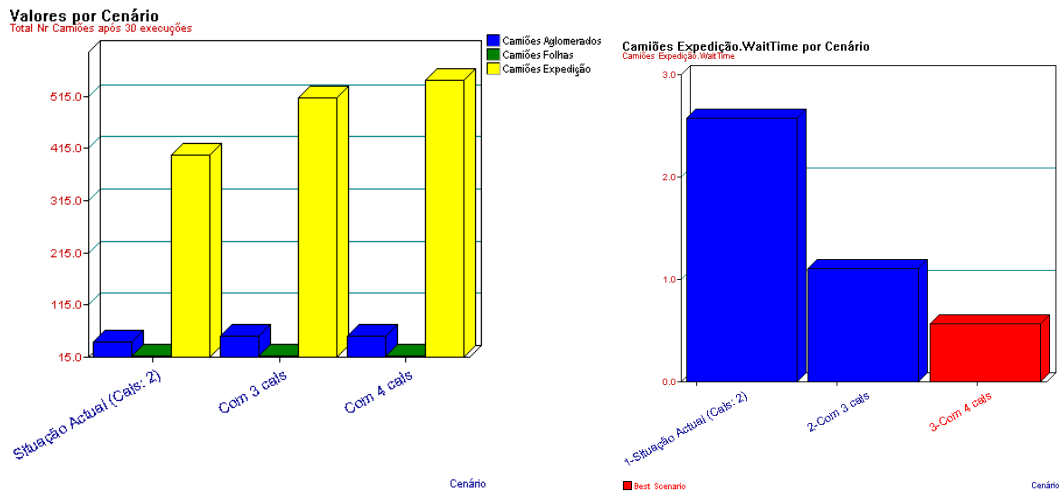


Figura 17 – Representação Gráfica de Cenários Analisados.

Durante a simulação foi observado que os camiões de expedição são os que chegam em maior número à fábrica. Os gráficos mostram claramente que o número de camiões carregados aumenta em mais de 100 unidades simplesmente com o incremento de mais um cais de carga/descarga. De igual modo, o tempo de espera decresce para menos de metade no cenário com 3 cais. Portanto, uma das melhorias no processamento de cargas está associada ao aumento do número de cais, sendo necessário consolidar esta necessidade com o reforço interno da componente logística (número de empilhadores e recursos humanos).

Ainda, no *Output Analyzer* vemos que a amplitude do intervalo de confiança a 95% aumenta ligeiramente do cenário actual para os cenários alternativos.

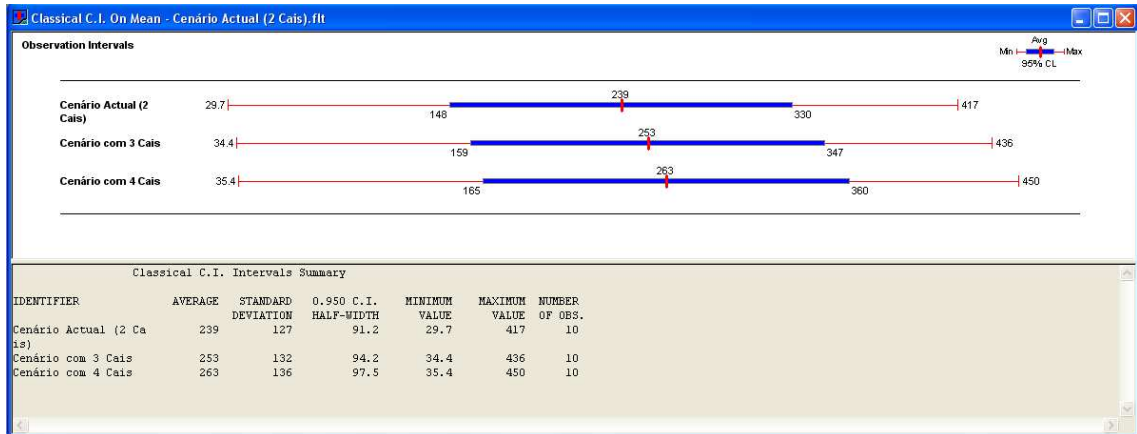


Figura 18 – Intervalos Confiança Submodelo-1.

Para o submodelo da produção de placas e linha de folheado também se realizou a análise recorrendo ao *Process Analyzer*. A comparação consistiu em saber qual o benefício, em termos de unidades produzidas, que se teria se a linha de pratos laborasse sem parar aos fim-de-semanas e feriados, mantendo o nível de produção e utilizando uma distribuição $NORM(0.876, 0.307)$. O resultado é mostrado na Figura 19.

The figure shows a software window titled 'Process Analyzer - [ProducaoPlacas.pan]'. It displays a table with two main sections: 'Scenario Properties' and 'Responses'. The table lists three scenarios with their respective program files, number of repetitions, and production values for two lines and two panels.

Scenario Properties				Responses			
S	Name	Program File	Reps	Painel_Linha1	Painel_Linha2	panel.Number In	panel.Number Out
1	Scenario 1	2 : Placas_mdf_factor.p	4	10942	18753	29712.000	29695.000
2	Scenario 2	1 : Placas_mdf_factor_fds.p	4	16821	18749	35597.000	35570.000
3	Scenario 3	2 : Placas_mdf_factor_distr.p	4	45987	18822	64853.000	64809.000

Figura 19 – Definição de Cenários Submodelo-2.

Observa-se que mantendo a média de produção, temos um acréscimo de cerca de 6000 unidades. Se a produção na linha 1 seguir a distribuição normal sugerida atrás, a produção mais do que quadruplica. O gráfico seguinte reforça a afirmação.

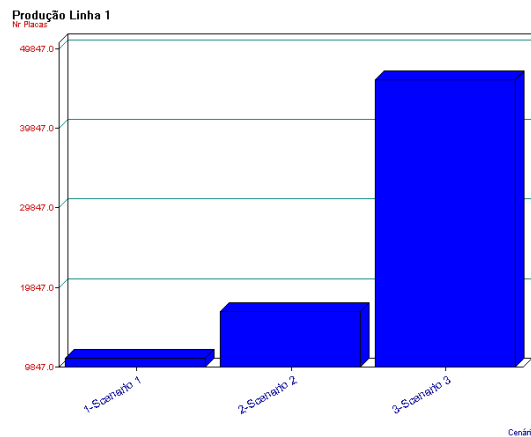


Figura 20 – Comparação entre Cenários Submodelo-2.

Se a decisão for o aumento do volume de produção, o cenário 3 é o que mais rentabiliza esse objectivo. Contudo, será sempre necessário balizar se este aumento de produção produzirá uma saturação de stock no armazém e/ou se a fábrica tem uma logística adequada e capacitada para o escoamento eficaz desse stock.

5 Conclusão

A realização desta dissertação permitiu investigar, estudar e aprofundar conhecimentos no processo de fabrico dos painéis derivados da madeira e seu revestimento com folha de madeira natural.

Também permitiu conhecer e explorar todas as potencialidades de um software de modelação e simulação como o ARENA. Este tipo de produto, desde que o modelo construído seja uma representação fiel do funcionamento operacional da situação que se quer simular, é uma ferramenta que aporta uma mais-valia acrescida nas tomadas de decisão, quer pelos *outputs* que proporciona, quer pela possibilidade de criação de cenários comparativos *what-if*. Pode ser claramente usado como um sistema de apoio à decisão.

Apesar das limitações que a versão utilizada trouxe, o objectivo principal de modelar o processo de fabrico e logística envolvente, assim como a identificação de possíveis *bottlenecks* foi conseguido.

No modelo construído foram evidenciados, na logística de distribuição, que o actual número de postos de carga/descarga no cais provocam algum congestionamento de camiões nessa zona e, por conseguinte, os tempos médios de espera são elevados. Foi referido que estes tempos diminuem em mais de metade se optarmos pelo incremento de

mais um cais. Esta decisão também deverá ter em conta a eventual necessidade de recursos adicionais, como equipamento e pessoas, de forma a não prejudicar ou criar entropias no normal funcionamento dos cais já existentes.

A outra situação detectada está relacionada com o aumento da capacidade de produção da linha 1. Não foi possível saber as razões pelas quais esta linha pára aos fim-de-semanas e dias festivos. Porém, se não existir nenhum motivo extraordinário, desde que exista capacidade razoável de armazenamento/escoamento de stock, assim como ordens de produção em número suficiente, não se vislumbram grandes problemas em aumentar a carga desta linha.

A eventual tomada de decisão em implementar algum dos cenários alternativos analisados, aumento de cais de carga/descarga ou aumento de produção, conduzirá de forma indirecta a ajustes no cenário não contemplado, ou seja, a ser também implementado. Por exemplo, decide-se aumentar para 3 o número de cais. Os dados obtidos potenciam um aumento de expedições na ordem dos 100 camiões. Cada camião tem uma capacidade de carga a rondar os 36.000 m³. Portanto, para poder aprovisionar estes camiões, a fábrica teria que produzir mais 3.600.000 m³, qualquer coisa como 30.233.808 placas de dimensões 2440x1220x4 mm. O contrário também se aplica, isto é, o aumento de produção terá que ser compensado com o aumento de camiões na expedição sem aumentar o tempo de espera destes na zona de carga. Teoricamente só se conseguirá com o aumento do número de cais.

Este trabalho poderá ser melhorado com a inclusão da gestão de stocks da matéria-prima, folhas e dos painéis crus e revestidos; gestão de pedidos de produção. Também poderia incluir-se a gestão do equipamento, nomeadamente ocupação de empilhadores.

A modelação de uma indústria de transformação não é uma tarefa simples. Todas apresentam particularidades que as tornam únicas. O segredo está em reunir com as pessoas certas, que conheçam bem o processo e o negócio.

Bibliografia

Garcia E., L., Guindeo C., A., Peraza O., C, Palacios de P., P. (2002), *La madera y su tecnología*. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa

Capítulo 3. Industria de tableros de partículas y de fibras, pp. 119-157

Kollmann, F.F.P., Kuenzi, E.W., Stamm, A.J. (1975), *Principles of wood science and technology. Volume II - Wood Based Materails*. New York: Springer Verlag.

Maloney, T.M. (1977), *Modern particleboard and dry-process fiber board manufacture*. San Francisco: Miller Freeman.

Moslemi, A.A. (1974), *Particleboard*. Illinois. Southern Illinois University Press, v.2.

SONAE Industria, Manual do Produto, livro técnico.

Altioik, T., Melamed, B. (2007), *Simulation Modeling and Analysis with Arena*, USA: Elsevier Inc.

Tsoumis, G. (1991), *Science and technology of wood - structure, properties, utilization*. New York. Chapman & Hall.

“Engenharia dos Processos Florestais I”,

<http://www.isa.utl.pt/def/files/File/disciplinas/tpf>, acessido em 30 Abril 2010

“História Novopan”, <http://novoencontre02.planetaclix.pt/arquivo/ne200405.pdf>, Novo encontro - Jornal de Rebordosa" pag. 5; acedido em 13 Abril 2010

“ MDF”, <http://www.mdf-info.org/>, acedido em 3 Abril 2010

“OSB, MDF e Aglomerado”,

<http://www.lowes.com/lowes/lkn?action=noNavProcessor&p=spanish/Build/OSBMDFPart.html&sec=esp>, acedido em 3 Abril 2010.

“OSB, MDF, Aglomerado e Contraplacado”, <http://en.wikipedia.org/wiki>, acedido em 3 Abril 2010.

“Processo de fabrico de painéis de madeira”, <http://www.anfta.net/?q=node/54>, acedido em 3 Abril 2010.

“Rechapado”, <http://www.losan.es/web/guest/rechapado>, acedido em 13 Setembro 2010

“Tableros”, <http://www.ingenieria.uady.mx/revista/volumen8/tableros.pdf> , acedido em 6 Maio 2010

“Tableros de Partículas”, http://html.rincondelvago.com/tableros-de-particulas_fabricacion.html, acedido em 6 Maio 2010

Anexo 1

Neste anexo apresentam-se os principais blocos desenhados para o modelo. Estes foram construídos recorrendo aos módulos de fluxo e aos módulos de dados. Os módulos de fluxo são aqueles que descrevem a lógica do processo. Os módulos de dados não são visíveis no modelo. Servem para especificar cada elemento do fluxo.

Seguem-se os blocos principais do modelo construído.

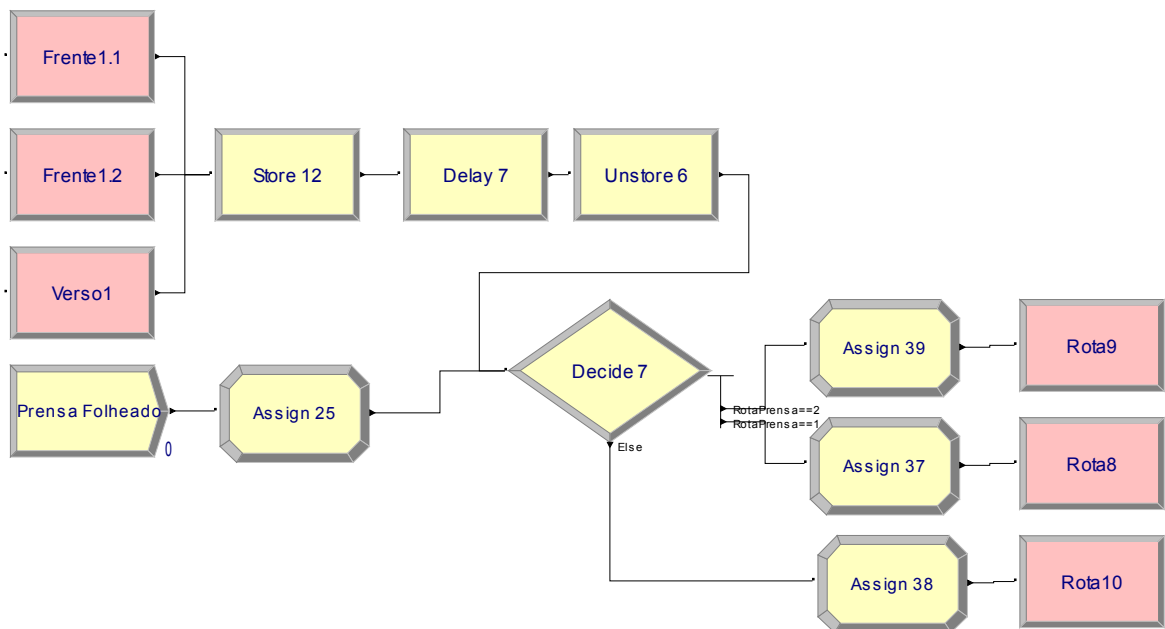


Figura 21 – Movimento Empilhador entre Armazém e Prensa Folheados.

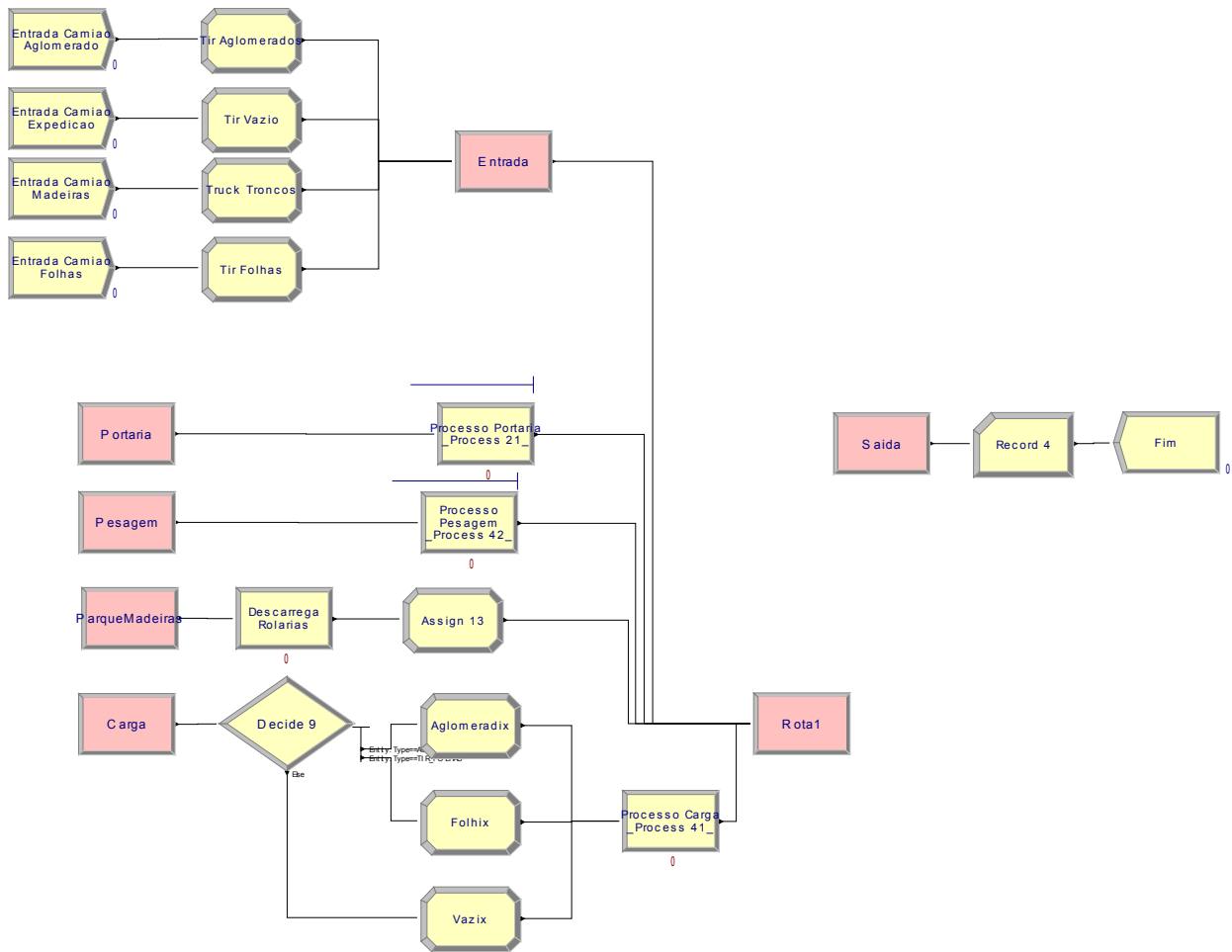


Figura 22 – Movimento de Camiões.

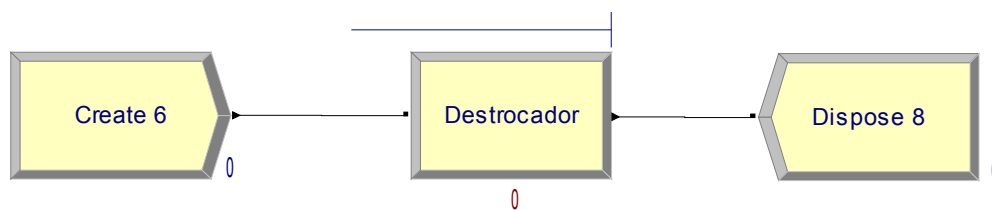


Figura 23 – Destroçador.

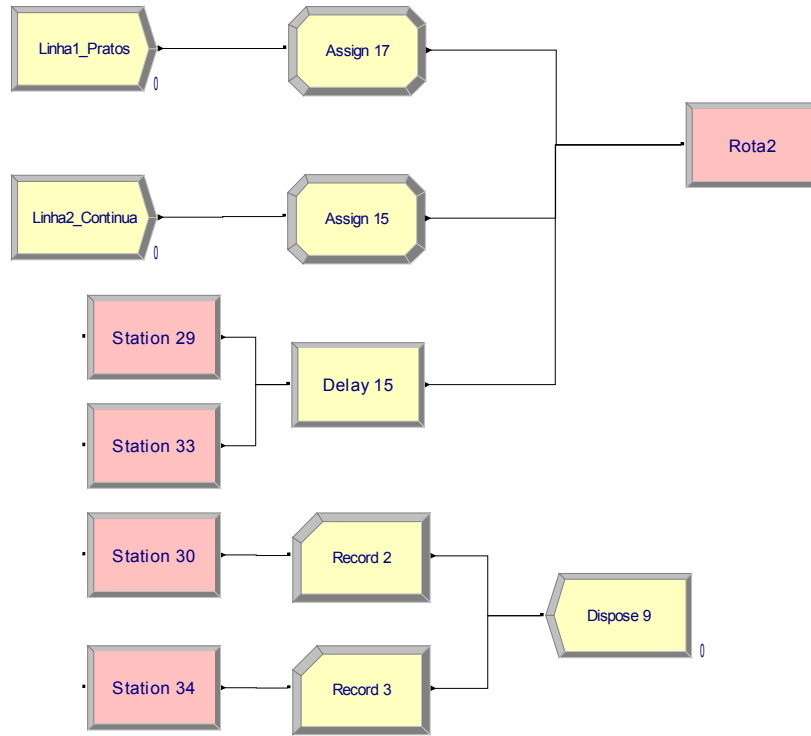


Figura 24 – Produção de Placas de Madeira.

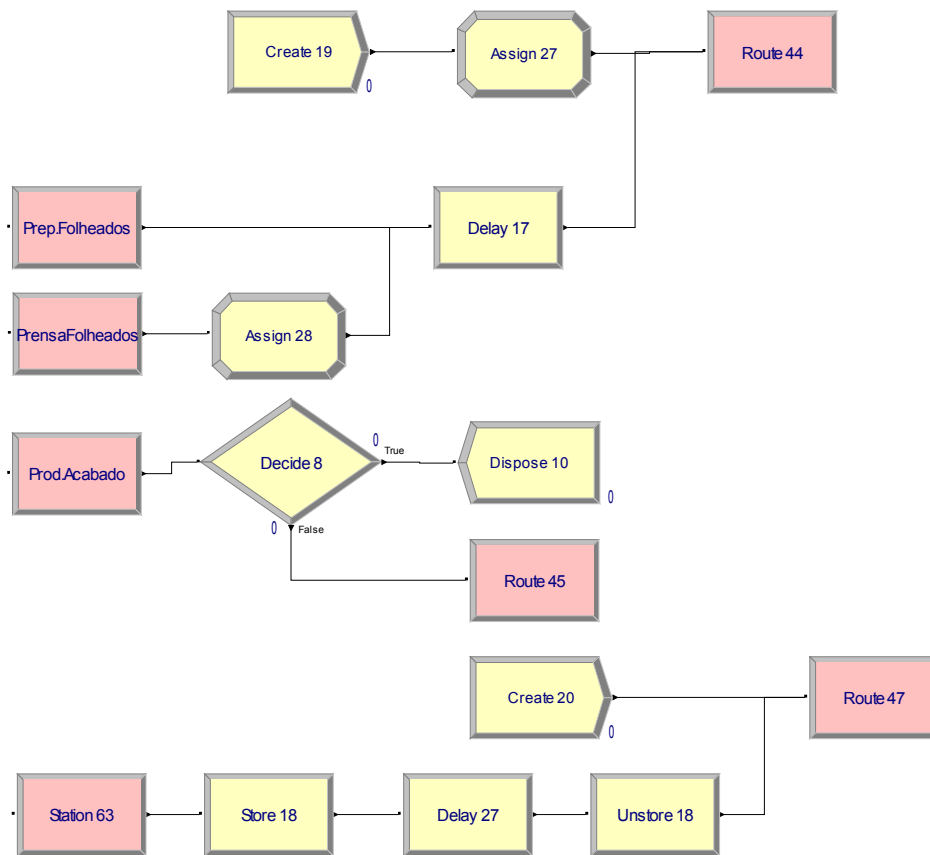


Figura 25 – Linha de Folheados.

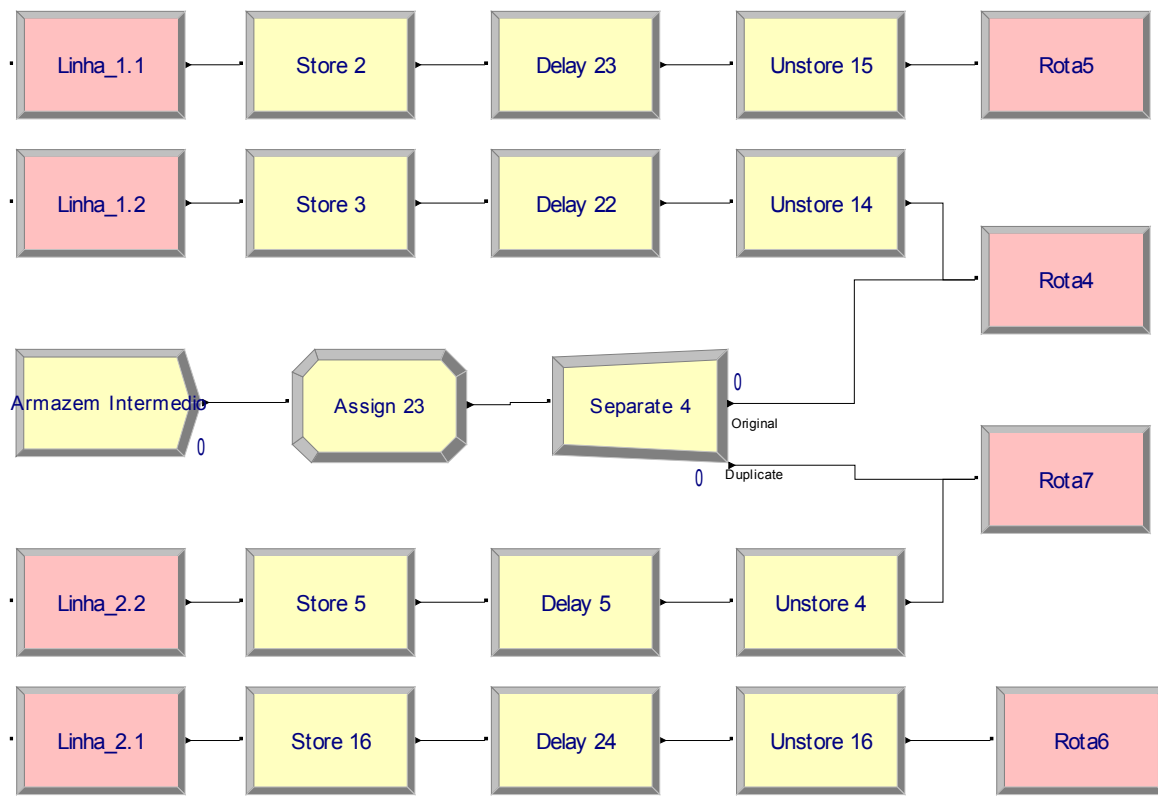


Figura 26 – Empilhadores no Armazém Intermediário.

Anexo 2

Neste anexo são apresentadas as várias distribuições obtidas após tratamento dos dados pelo *Input Analyzer*. Nesta ferramenta é mostrado o histograma representativo das observações realizadas assim como a linha de tendência da distribuição que melhor se ajusta e essas mesmas observações. Também é mostrada informação relativa à própria distribuição encontrada, X^2 e ao teste Kolmogorov-Smirnov.

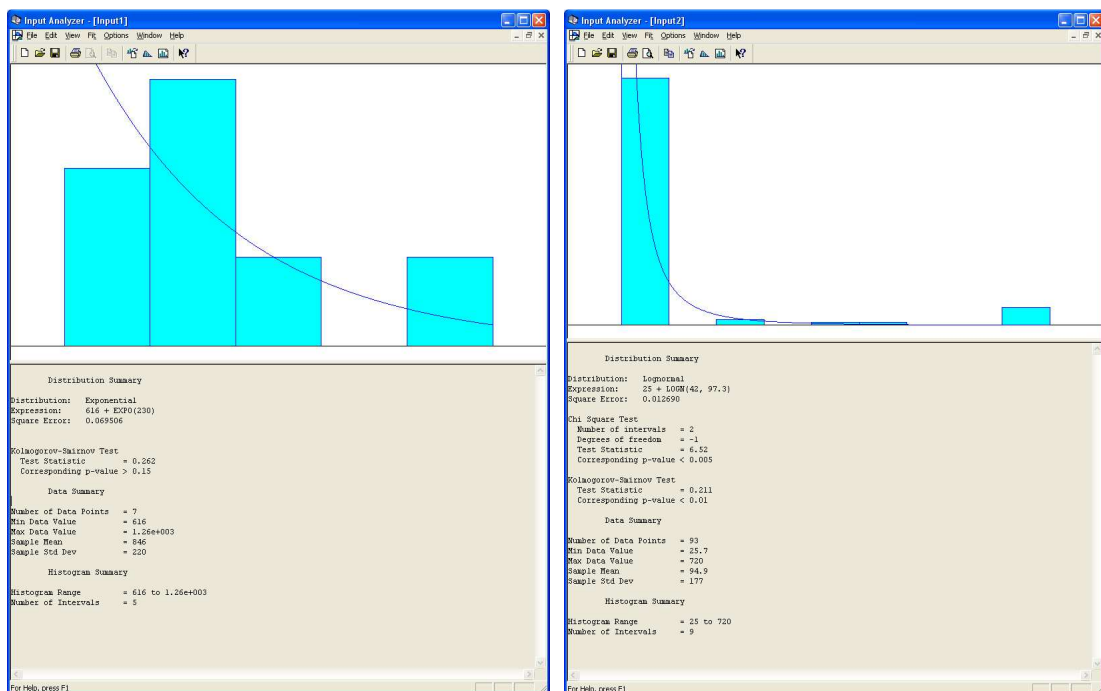


Figura 27 – Tempos chegada camiões de aglomerado e carga placas revestidas.

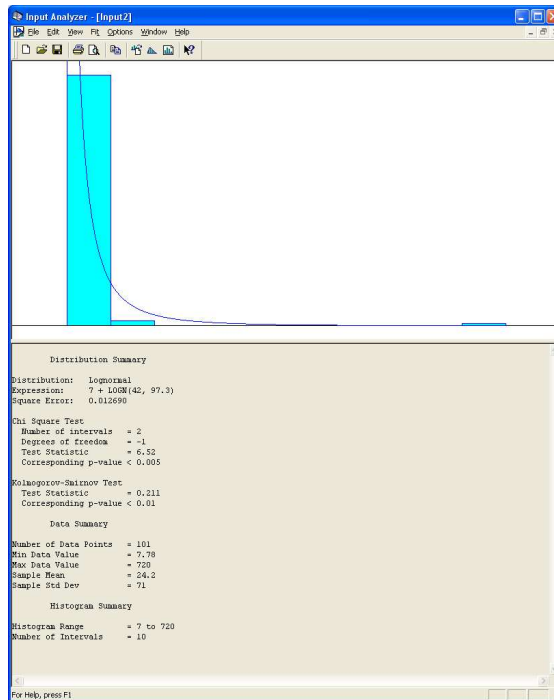


Figura 28 – Tempos chegada camiões de rolarias (mat.prima).

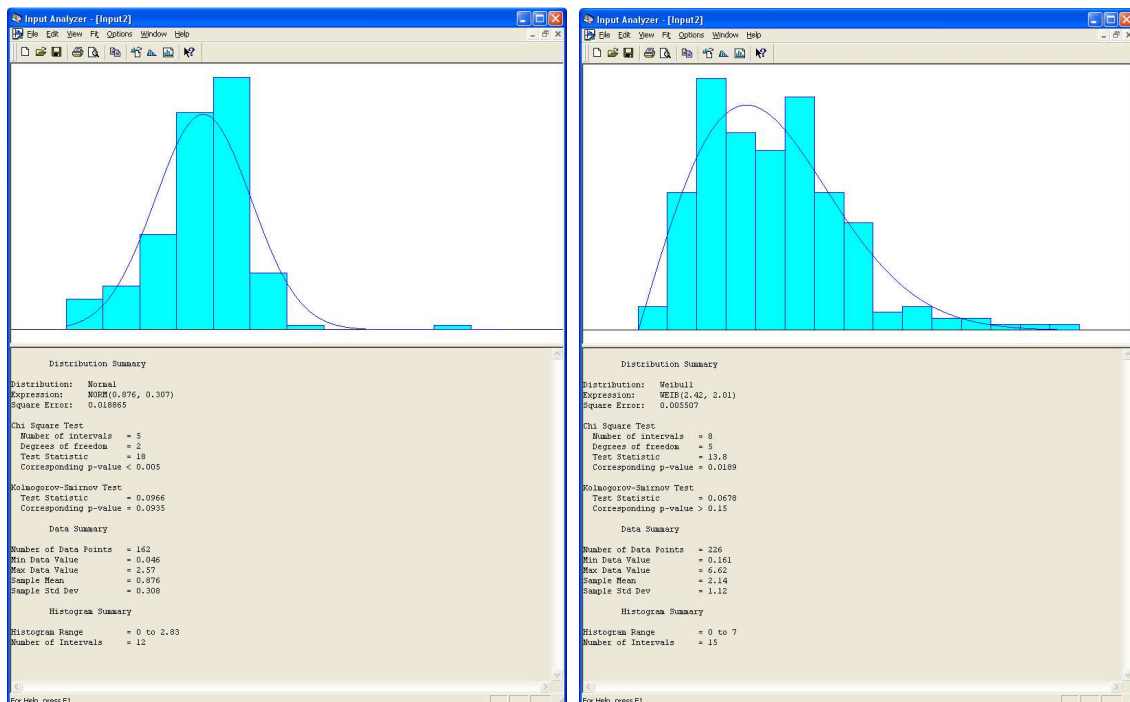


Figura 29 – Tempos de produção de placas linhas 1 e 2 (por unidade produzida).

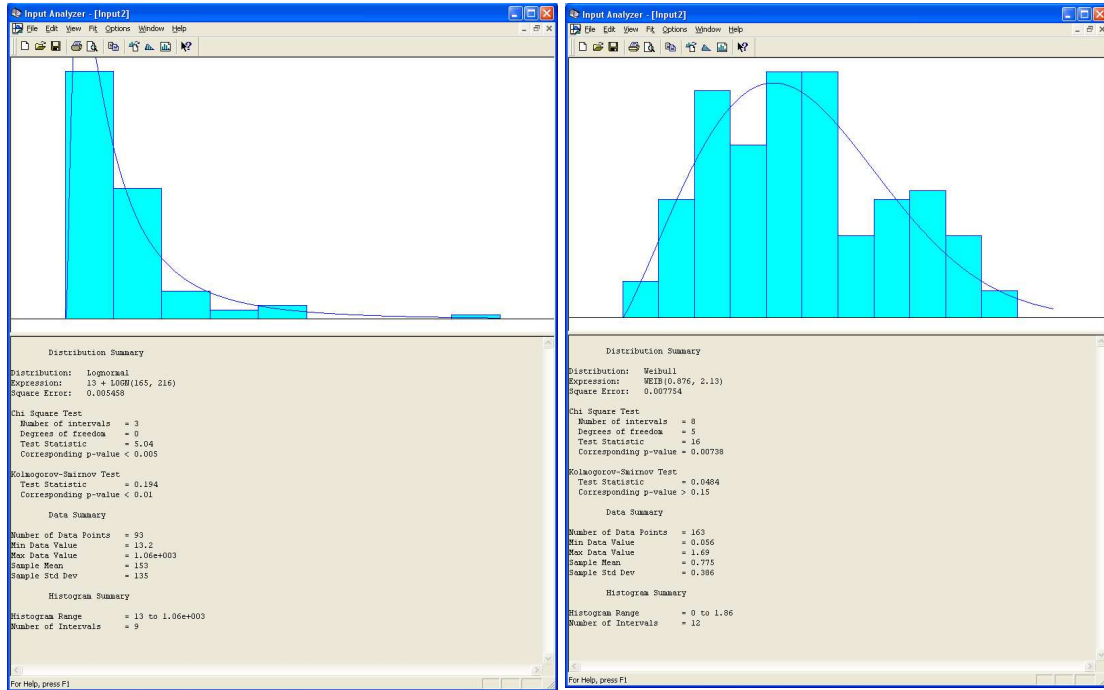


Figura 30 – Tempos de expedição e de linha de folheados (por unidade).