

Gestão operacional do pátio de madeira na produção de cavacos para indústria de polpa e papel

Aline Durigan¹ Rudson Silva Oliveira² Ivan Mischka Sgarbiero¹ Dimas Agostinho da Silva¹

¹Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Av Prefeito Lothário Meissner, 623, Curitiba-PR, Brasil

²Universidade Federal do Paraná, Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal, Av Prefeito Lothário Meissner, 623, Curitiba-PR, Brasil

Original Article

*Corresponding author:
alinedurigan95@gmail.com

Keywords:

Wood chip production

Chipper

Downtime

Unscheduled shutdown

Palavras-chave:

Produção de cavacos

Picador

Tempo improdutivo

Desligamento não programado

Received in

2022/08/11

Accepted on

2022/09/05

Published in

2022/09/30



DOI:

<http://dx.doi.org/10.34062/af.s.v9i3.13409>

RESUMO: A crescente demanda por celulose no mercado global contribui para o aumento na competitividade entre os produtores e um dos fatores que garantem a atratividade da celulose brasileira no mercado é a elevada tecnologia silvicultural e gestão do processo produtivo, resultado da busca constante por maior otimização dos insumos e na redução de custos operacionais. Nesse sentido, sob a hipótese de que quanto maior o tempo de inatividade de processamento de madeira, maior será o custo para empresa. Este estudo teve como objetivo identificar os fatores que influenciam nas paralizações não programadas no processamento de toras de *Eucalyptus dunnii* na produção de cavacos e avaliar a eficiência das ações mitigadoras implementadas para otimizar a operação e maximizar a produção de cavacos. Para a condução desta investigação uma análise preliminar foi realizada a partir do banco de dados do software PI System utilizado pela empresa para gestão da linha de processamento de madeira, no qual foi identificado os principais equipamentos e serviços responsáveis pelos desligamentos não programados. Em seguida, os dados de tempo de paralização e de produção foram comparados considerando o resultado antes e depois da implementação da ação de melhoria. A padronização da matéria-prima foi um dos principais resultados pois influenciou na redução dos entupimentos na entrada da linha de processamento, garantindo um aumento na produção de cavacos em 10 t horas⁻¹ por mês. No geral, todas as ações implementadas foram eficientes exceto para a troca de facas do picador que não foi suficiente para atingir a meta estabelecida.

Operational management of the woodyard in the wood chip production for pulp and paper industry

ABSTRACT: The growing demand for pulp in the global market contributes to the increase in competitiveness among producers and one of the factors that ensure the attractiveness of Brazilian pulp in the international market is the high silvicultural technology and management of the production process, resulting from the constant search for greater optimization of supplies and reduction of operational costs. In this sense, under the hypothesis that the longer downtime of wood processing, higher cost to the company. This study aimed to identify the factors that influence the unscheduled downtime in the processing of *Eucalyptus dunnii* logs to woodchip production and evaluate the efficiency of mitigating actions implemented to optimize the operation and maximize chip production. To conduct this investigation a preliminary analysis was performed from the PI System software database used by the company to manage the wood processing line, in which the main equipment and services responsible for the unscheduled shutdowns were identified. Then, the downtime and production data were compared considering the result before and after the implementation of the improvement action. The standardization of the raw material was one of the main results because it influenced the reduction of clogging infeed of the processing line, ensuring an increase in chip production by 10 tons hours⁻¹ by month. Overall, all the implemented actions were efficient except for the exchange knives, which was not enough to achieve the set goal.

Introdução

No Brasil, as indústrias de celulose e papel apresentam forte participação na economia e nos avanços tecnológicos do setor florestal, contribuindo com cerca de 67% da arrecadação tributária federal, registrado pelo seguimento de árvores plantadas (Ibá, 2021).

A crescente demanda por celulose de mercado em todo o mundo, promove a expansão de plantas industriais e o aumento na competitividade entre os produtores. No período entre 2009 e 2020, houve aumento de 57,5% na produção de celulose. (Ibá, 2021). Para que as empresas consigam inserir o produto com preço atrativo no mercado, é importante realizar o gerenciamento e aproveitamento otimizado de seus recursos; portanto, a gestão eficiente das operações florestais influencia diretamente em uma redução de custos contínua e promove uma melhoria na qualidade dos produtos.

O pátio de madeira é a primeira etapa industrial abrangendo desde o recebimento e armazenamento das toras colhidas até a transformação da biomassa em cavacos que, posteriormente, são submetidos ao processo de polpação. A análise da formação do cavaco é complexa, uma vez que a madeira é um material anisotrópico, heterogêneo e higroscópico, além dessas características, durante o processo de picagem dos cavacos, essas variáveis podem interagir de maneira inesperada (Uhmeier, 1995, Twaddle, 1997).

A picagem é considerada um processo central nas indústrias de celulose (Spinelli, 2020), sendo esta transformação no pátio realizada em linha, a partir de um conjunto de equipamentos que auxiliam na operação e que estão susceptíveis a paradas não programadas devido a heterogeneidade da matéria-prima e/ou falhas humanas no processo operacional uma vez que este é semiautomatizado. Neste sentido, a gestão do pátio de madeiras busca constantemente aumentar a eficiência na integração entre o sistema operacional (maquinário) e o fator humano (operador), sendo este último uma variável susceptível a oscilação, pois refere-se a inúmeras equipes organizadas em diferentes turnos de trabalho.

A confecção de cavacos com dimensões padronizadas é uma demanda recorrente nas indústrias de polpa e papel, pois uniformidade proporciona maior eficiência na etapa de impregnação química e no cozimento (Reczulski, 2015), garantindo melhor qualidade da celulose obtida. Por esta razão há uma busca constante em melhorar o desempenho dos picadores de madeira e dos demais equipamentos que integram a linha de processamento (Hartler, 1996; Spinelli et al., 2014).

Para assegurar uma produção contínua é necessário que os equipamentos responsáveis pela transformação das toras de madeira funcionem por um maior período possível, logo, é importante

supervisionar as paradas desses equipamentos, seja por paradas relacionados a máquina (manutenção corretiva e preventiva), ou a mão-de-obra operacional.

Neste sentido, o presente estudo buscou investigar os fatores responsáveis pelas paradas não programadas dos equipamentos que transformam as toras de *Eucalyptus dunnii* em cavacos para polpação, além de avaliar a eficiência das ações mitigadoras implementadas na gestão operacional do pátio de madeira visando promover um aumento no tempo de operação da linha de processamento.

Material e Métodos

Área de estudo

O trabalho foi realizado em uma indústria do setor florestal que atua na produção de celulose e papel, localizada no município de Três Barras, Santa Catarina, Brasil. A base florestal da empresa é composta por 33 mil hectares plantados com as espécies *Pinus taeda* e *Eucalyptus dunnii* voltadas à produção de fibras, e mais 21 mil hectares de reserva florestal nativa. A unidade industrial é separada em Divisão Papel constituída pela fábrica de papel de Três Barras (FPTB) e Divisão Florestal, responsável pelo fornecimento de 70% da matéria-prima, em que o sistema de colheita é o *full-tree*; e os 30% de biomassa restantes são adquiridos por fornecedores terceiros.

Pátio de madeiras

No pátio estão instaladas duas linhas de transformação de toras em cavacos, uma delas é exclusiva para eucalipto, no qual o fluxograma de operação é ilustrado na Figura 1, e outra linha dedicada ao pinus; ambas são operadas e abastecidas por 5 turmas (A, B, C, D e E), com 6 operadores cada; divididas em quatro turnos diários, a saber: 24h às 6h (1), 6h às 12h (2), 12h às 18h (3) e 18h às 24h (4). Cada turma trabalha por sete dias em cada um dos turnos, começando sempre pelo horário das 24h às 6h, de modo que ao final de cada semana, a turma tenha dois dias de folga.

Devido às particularidades da linha que processa o eucalipto, as toras recebidas devem ter 7 m de comprimento e diâmetro máximo de 35 cm, com idades entre 8 e 10 anos, livres de bifurcações, galhos e tortuosidade, além disso, não devem ter deformação na base da tora (conhecido em algumas unidades fabris como “sapatas”) ou diâmetro superior a 36cm.

Coleta de dados

Para conduzir esse estudo foram utilizados dados oriundos do *PI System* (OSIsoft, 2017), software utilizado pela empresa que realiza o registro das horas não produtivas toda vez que o operador da linha desliga o botão da mesa controladora. A partir do momento que a linha é

reiniciada, um evento registrando a quantidade de horas paradas é criado e salvo no banco de dados do programa.

O software calcula a duração de cada evento (paralização) que acontece na linha, porém, ele não registra o motivo dessas paradas. Dessa forma, para se obter um controle dos motivos, uma planilha eletrônica foi elaborada, onde, diariamente, os operadores da linha de eucalipto informavam a razão de cada uma das paradas. Os motivos dessas horas

não produtivas são variados, podendo ser divididas em três principais tipos de eventos (Tabela 1).

Para o processamento preliminar e identificação das causas e equipamentos responsáveis pela paralização da linha de eucalipto foram coletados no sistema dados referentes a três meses de operação (antes), em seguida, com base nos resultados, ações foram implementadas e mais três meses foram analisados (depois), totalizando seis meses de dados registrados pelo *PI system*.

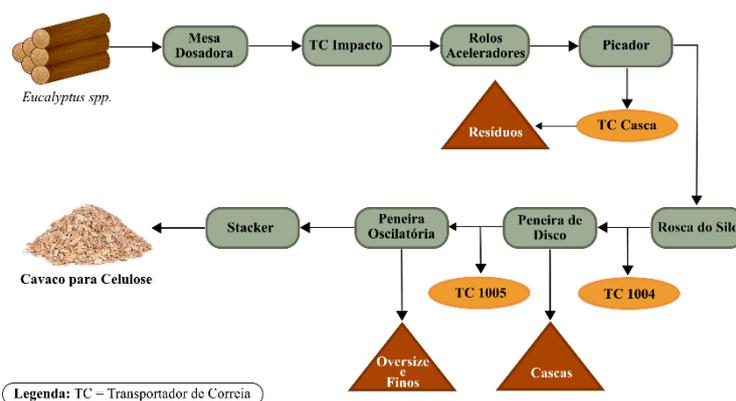


Figura 1. Resumo do fluxograma operacional da linha de picagem do eucalipto

Tabela 1. Principais eventos que acarretam as paralizações da linha de picagem de Eucalipto.

Evento	Descrição
Paradas programadas	Manutenções de rotina e preventivas; ajuste de contra facas e limpeza de equipamentos.
Paradas de emergência	Paradas por entupimento da rosca, silo ou peneira, arrebatamento de correias, entupimento do picador manutenção não programada nos equipamentos.
Paradas de operação	Falta de operadores, entupimento das transportadoras da linha, troca de facas e troca de turno, falta de madeira.

O tratamento dos dados foi organizado considerando a jornada diária da operação de picagem, portanto, quatro turnos de trabalho. As paradas na linha foram separadas em duas categorias, serviço e equipamento, o que permite uma melhor comparação entre os eventos de paralização. Na categoria de serviço estão todos os itens que necessitam diretamente da mão de obra operacional; entretanto, na categoria equipamento, a mão de obra operacional não atua de forma direta, sendo os aparelhos utilizados na linha de picagem o principal foco deste grupo.

Análise dos dados

Na primeira etapa, foi realizada uma análise descritiva dos dados para identificar quais equipamentos e serviços que apresentaram maior tempo fora de operação; a partir desse resultado foram elaboradas as ações mitigadoras. Nesse sentido, com a finalidade de análise, os dados foram separados em antes e depois da execução das ações mitigadoras.

Em seguida, os resultados foram analisados em delineamento inteiramente casualizado (DIC) com o auxílio de software R versão 3.6.2 utilizando o pacote “stats” (R Core Team, 2019) e o “ExpDes.pt” (Ferreira, Cavalcante, Nogueira, 2021), em que se realizou a análise de variância (ANOVA) a 5% de significância pelo teste de Fisher (F) e aplicação do teste t-pareado a 95% de probabilidade para comparação entre as médias das diferenças (\bar{D}_i) visando atestar a eficácia das ações implementadas. Para complementar a análise sobre as ações mitigadoras os resultados também foram avaliados de maneira descritiva.

Resultados e discussão

Categoria Equipamento

Análise preliminar

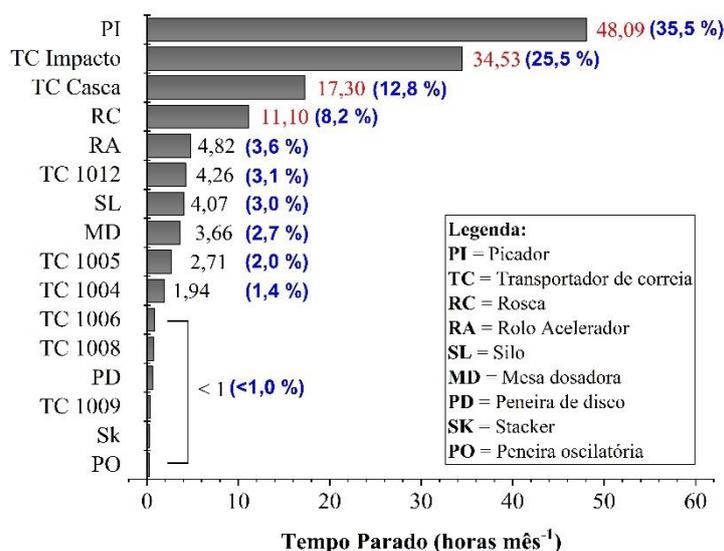
De acordo com a análise preliminar dos dados para esta categoria, os resultados apontaram que os equipamentos Picador, Transportadora Correia Impacto, Transportadora Correia Casca e Rosca foram responsáveis por mais de 80% do total de

horas em que a linha de picagem esteve fora de operação (Figura 2).

O Picador obteve a maior quantidade de tempo parado com uma média de 48,09 horas mês⁻¹, o que corresponde a 35,5% do total de horas não produtivas (Figura 2). Piechnicki e Kovaleski (2011) encontraram em estudo de uma indústria madeireira, que 41% do tempo improdutivo do processo foi devido a alimentação da máquina, uma das etapas fundamentais na produção. Esses valores revelam um dado importante, uma vez que o picador é o responsável pela efetiva transformação das toras em cavacos, portanto, para proporcionar um aumento na eficácia operacional as ações mitigadoras foram

elaboradas para elevar o tempo de operação deste equipamento.

A TC de Impacto é submetida constantemente a impactos mecânico por ser responsável por transportar as toras da mesa até o picador, por este motivo foi o segundo equipamento com maior tempo inoperante, seguido da TC Casca que retira a casca desprendida da tora ao longo da linha. Nesse sentido, por desempenharem funções importantes na linha de produção, assim como o picador, é recomendável que o tempo de paralização seja menor.



Legenda: Entre parênteses, a contribuição percentual de cada equipamento em função do tempo total de paralização.

Figura 2. Tempo de paralização dos equipamentos na linha de picagem do eucalipto

Plano de Ação

As paradas não programadas do picador da linha de eucalipto podem acontecer devido a diversos fatores, de acordo com os dados consultados, os principais estão listados na Tabela 2.

A partir da identificação das falhas, um plano de ação foi elaborado para mitigar esta problemática, conforme descrito a seguir:

- I. Desenvolvimento de uma metodologia em parceria com a unidade florestal, para sinalizar, com tinta, ainda em campo, as toras fora de especificação. Dessa forma, toras com sapatas, galhos, bifurcações e diâmetro superior a 30 cm, devem ser demarcadas e separadas ainda na beira do talhão, e enviadas para a fábrica em cargas específicas, com a nota fiscal sinalizada por um carimbo, informando o conteúdo da madeira. De modo que essa madeira não se misture com a madeira que pode ser processada na linha.

- II. Desenvolvimento de uma metodologia de sinalização, juntamente com a equipe da balança, que consiste em um sistema de adesivos com cores, que são colocados na porta dos caminhões, e que indicam qual destino a carga transportada por eles deve tomar dentro da fábrica. Ao chegar na portaria, todas as cargas passam por uma inspeção, as que tiverem dentro das especificações recebem um adesivo verde e são liberadas para entrar no estoque de madeira que vai para a linha. Já as cargas que apresentam fora do padrão exigido, recebem um adesivo vermelho e essas são direcionadas a um pátio separado, onde serão rachadas, para posteriormente serem enviadas para a linha de processamento.
- III. Desenvolvimento de uma planilha para acompanhamento semanal dos entupimentos, e rastreamento da madeira irregular. O operador da linha de eucalipto deve anotar a placa do veículo, a empresa transportadora e o horário de descarga do

caminhão que trouxe para linha madeira fora de especificação, com isso pretende-se

rastrear de onde a madeira veio e agir para solucionar o problema.

Tabela 2. Principais eventos que acarretam as paradas não programadas no Picador.

Evento	Falha
Entupimento duto	Silo
Entupimento de entrada	Tora irregular Excesso de madeira
Procedimento mecânico	Ajuste de contra faca Problemas mecânicos

Eficácia do Plano de Ação

A análise estatística dos dados indicou que não houve diferença na média de horas paradas por equipamento e isto ficou mais evidente com os resultados do teste t-pareado, em que a média das diferenças antes ($\bar{D}_i \text{ antes}$) e depois ($\bar{D}_i \text{ depois}$) da implementação da ação não diferiram estatisticamente, portanto, aceitando a hipótese nula (Tabela 3).

As ações foram implementadas para melhorar o aproveitamento da matéria-prima visando reduzir a quantidade de toras fora das especificações exigidas, e consequentemente, o tempo de paralização da linha de picagem. A partir das melhorias verificou-se que o Picador e a Rosca foram os equipamentos que apresentaram maiores ganhos em produtividade, em contrapartida, a TC Casca aumentou em 14,55 horas o período fora de operação, este resultado pode ser relacionado com o elevado volume de casca devido ao aumento na quantidade de toras inseridas na linha de processamento (Figura 3A), o maior tempo parado

deste equipamento não afetou o período de paralização da linha de picagem.

Na Figura 3B estão descritos os motivos e o tempo médio improdutivo devido a paradas do picador, antes e depois da ação ser implementada. O entupimento na entrada da linha de picagem foi o principal motivo para que houvesse a interrupção da operação, entretanto, depois das ações mitigadoras foi verificado uma redução de 9 horas mês-1 no tempo de paralização. Resultado parecido foi encontrado por Mattiazo et. al (2016), em seu trabalho sobre o gerenciamento da rotina em uma fábrica de celulose, onde, após implementação de um plano de ação, os autores obtiveram redução de 15% do tempo perdido devido a entupimentos por travamento de toras.

Portanto, o aumento nas exigências e o monitoramento das especificações da matéria-prima no pátio de madeira influenciou positivamente para que melhorasse a eficiência na alimentação do equipamento.

Tabela 3. Resultado da ANOVA e do teste t-pareado dos equipamentos contemplados pelas ações

Parâmetro	Equipamento			
	Picador	Rosca	TC Casca	TC Impacto
ANOVA				
F-value	0,7802 ^{ns}	0,8898 ^{ns}	5,1158 ^{ns}	0,0101 ^{ns}
p-value	0,4270 ^{ns}	0,3989 ^{ns}	0,0865 ^{ns}	0,9248 ^{ns}
Bartlett	0,7315 [*]	0,3373 [*]	0,1271 [*]	0,3059 [*]
CV (%)	34,48	183	32,05	34,24
Teste t-pareado				
t-value	1,2689 ^{ns}	0,8850 ^{ns}	-2,4121 ^{ns}	-0,0773 ^{ns}
p-value	0,3322 ^{ns}	0,4695 ^{ns}	0,1373 ^{ns}	0,9454 ^{ns}
\bar{D}_i	10,63	9,18	-14,55	-0,98
σD_i	14,52	17,97	10,44	22,02
IC	95%	95%	95%	95%
Limite inferior	-25,43	-35,45	-40,49	-55,67
Limite superior	46,70	53,81	11,39	53,71

Legenda: CV é coeficiente de variação amostral; \bar{D}_i é média das diferenças entre antes e depois da ação; σD_i é desvio padrão das diferenças; IC é intervalo de confiança; ns é não significativo a 5% de significância para o teste de Fisher e para o teste t-pareado; * é significativo pelo a 5% de significância para o teste de homogeneidade de variância de Bartlett.

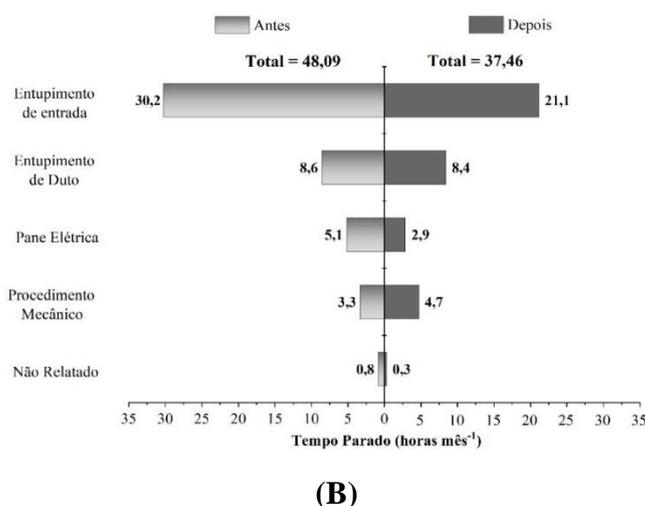
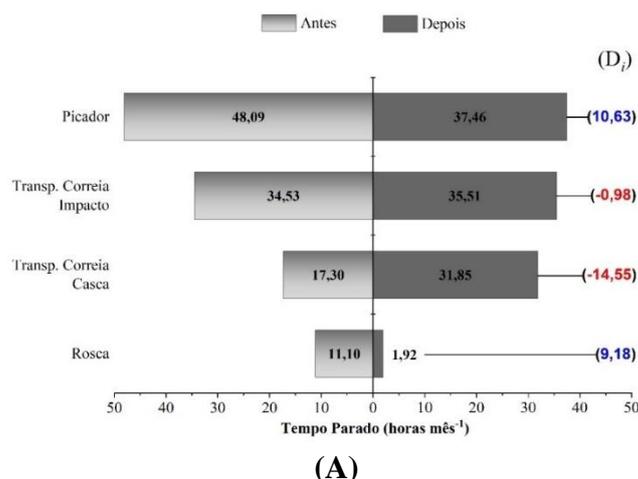


Figura 3. Comparação entre a quantidade de horas não operacionais (antes e depois) por Equipamento. A – Quantidade de horas improdutivas por equipamento antes e depois da ação; B – Quantidade de horas não operacional por motivo de paralização do Picador.

Todos os motivos de paralização do picador apresentaram redução na quantidade de horas improdutivas, exceto Procedimento mecânico que está relacionado a manutenção no equipamento. Este resultado foi responsável por um ganho de aproximadamente 10,6 horas mês⁻¹ de operação, influenciando no aumento da quantidade de matéria-prima processada.

A importância em reduzir o tempo de paralização da linha é devido a influência direta que esse fator exerce na produtividade do picador, conforme pode ser observado na Figura 4A, que no mês com maior quantidade de horas improdutivas cerca de 4,2 mil ton deixaram de ser processadas. Em contrapartida, nos meses seguintes, após a implementação da ação, houve um aumento médio de 10 ton h⁻¹ por mês de biomassa processada (Figura 4B) evidenciando o efeito positivo na execução das ações propostas.

Mattiazio (2016), obteve redução de 13% de tempo parado por causas mecânicas, comparando o

período de antes e depois da implementação da ação, porém, as paradas por causas mecânicas se mantiveram como o maior motivo de paradas. Já em relação a produtividade o autor obteve aumento superior a 4% na área de produção de cavacos, depois da implantação das ações.

Os resultados de produtividade podem ser mais promissores caso sejam implementadas ações com intuito de melhorar o desempenho dos operadores, reforçando o procedimento de trabalho que vise evitar a paralização por motivo de entupimento na entrada da linha. Foi constatado que esse evento é mais recorrente no turno 1 (Figura 5A), este resultado é devido ao uso de madeira do estoque e por isso podem conter toras fora das especificações mínimas uma vez que esta matéria-prima foi armazenada antes do início da execução das ações de melhoria; outro motivo está vinculado ao excesso de madeira na entrada do picador (Figura 5B).

Para os motivos de entupimentos na entrada do picador, houve uma redução expressiva (30%) no

resultado encontrado para toras com sapatas, passando de 19,39 horas mês⁻¹ para 1,85 horas mês⁻¹, esse comportamento foi observado para toras grossas que apresentaram diminuição de 22%, portando, as ações implementadas para minimizar o uso de madeira irregular na linha de picagem foram efetivas. Entretanto, o tempo de paralização por excesso de madeira obteve aumento superior a 50%, esta ocorrência está diretamente relacionada aos operadores, pois não foram contemplados no plano de ações, em que se destacam duas situações: (i)

excesso de confiança dos operadores na qualidade da matéria-prima; (ii) aumento da velocidade da mesa que alimenta a linha para elevar a produtividade da equipe.

Portanto, para mitigar esse problema, sugere-se que sejam implementadas ações que reforcem a comunicação efetiva entre os operadores pois a descarga de madeira na mesa desempenha uma importante função no fluxo de toras para o picador.

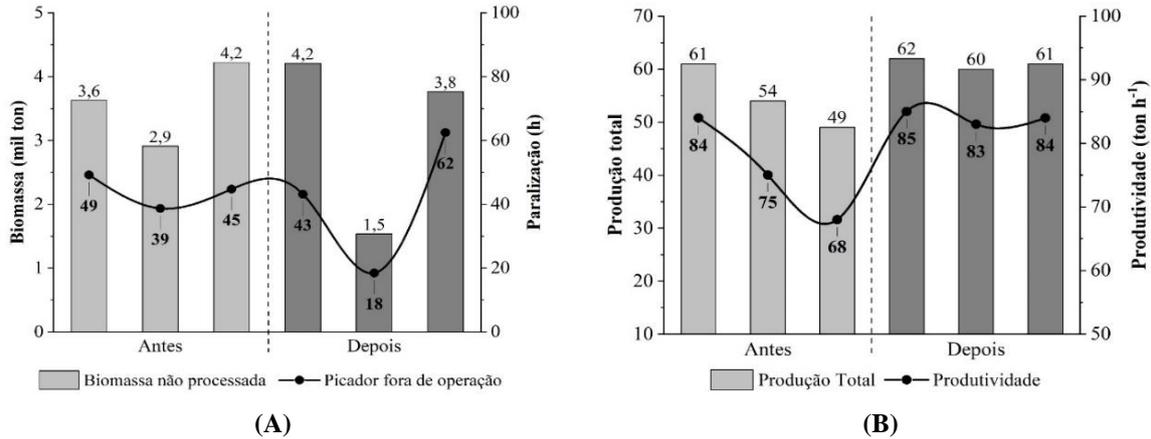


Figura 4. Influência do tempo de operação na produtividade da linha de picagem. A – Relação entre o tempo parado e a quantidade de biomassa não processada pelo picador; B – Relação entre a produtividade e a produção total do picador

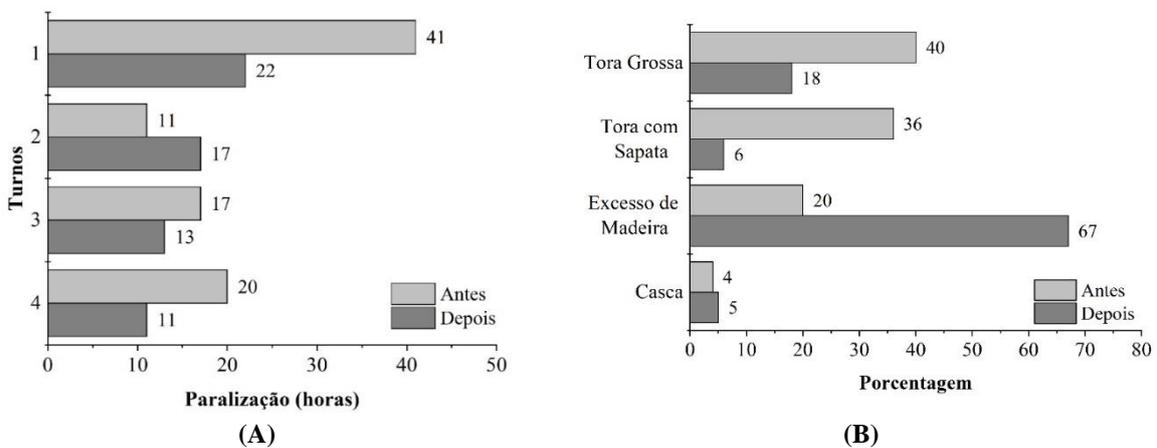


Figura 5. Fatores que influenciam no entupimento de entrada na linha de picagem. A – Quantidade de horas inoperantes devido ao entupimento de entrada do Picador por turno de trabalho; B – Principais fatores que contribuem para o entupimento de entrada.

*Categoria Serviço
Análise preliminar*

Na análise preliminar dos dados da categoria de Serviços, os três itens com maior representatividade (>80%), no tempo improdutivo da linha foram as Paradas Programadas, Troca de facas e Troca de turnos (Figura 6).

O resultado obtido para as paradas programadas já era esperado, uma vez que esse item trata de uma estratégia de manutenção preventiva que acontece semanalmente na linha. A mesma situação acontece para a troca de facas, que por mais que não entre no item de procedimentos programados, é uma atividade que deve acontecer regularmente, obedecendo a periodicidade

estipulada. Porém, para a troca de turnos, espera-se que os resultados de tempo, sejam mais baixos, uma vez que esse evento afeta a produtividade da linha. Para isso foram implementadas algumas ações com a finalidade de mitigar essas problemáticas e reduzir o período não operante.

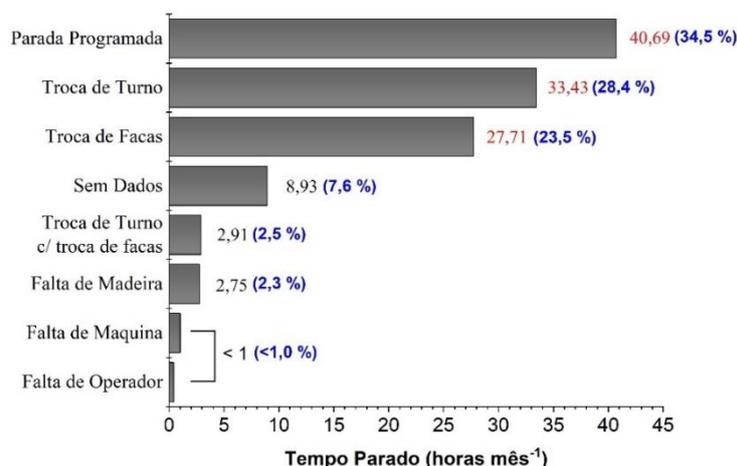
Plano de Ação

A troca de um jogo de facas na empresa em questão deve acontecer a cada 16 horas, então, em um mês devem ser feitas, em média 45 trocas, o que corresponde, aproximadamente, 9 trocas por turma. Caso contrário, a falta dessa periodicidade, pode provocar entupimentos na linha, desarme nas transportadoras, além de alterar a qualidade dos cavacos. Contudo, ao analisar o comportamento dos turnos de trabalho, por 3 meses, verificou-se que essa premissa não estava sendo atendida.

Dessa forma, foi necessário buscar uma maneira de acabar com a distribuição irregular das trocas entre os turnos, e buscar aumentar a frequência entre as substituições do conjunto de facas. Para isso, foi criado um cronômetro que aponta quando as facas devem ser substituídas.

O cronômetro funciona da seguinte maneira, a cada troca de facas registrada no sistema (PI System), uma contagem regressiva de 16 horas inicia, este indica quando deve acontecer a próxima troca de facas do picador. Quando restar 1h, um alerta começa a piscar na tela da operação, indicando que a próxima troca deve acontecer em breve. Para analisar o efeito desta implementação, foram comparados a frequência da troca de facas antes e depois da prática dessa ação.

O tempo decorrido entre as trocas de turno era registrado considerando o momento em que o operador da turma que está saindo do turno desliga a mesa até o momento que o operador do novo turno liga a mesa novamente. Portanto, para otimizar essa troca entre os turnos sem a necessidade de paralização da linha de processamento do eucalipto, foi proposto que a troca do operador acontecesse no painel de operação e não nos vestiários como antes.



Legenda: Entre parênteses, a contribuição percentual de cada equipamento em função do tempo total de paralização.

Figura 6. Tempo não operacional na linha de picagem de eucalipto por tipo de serviço

Eficácia do plano de ação

Não foi possível comprovar uma eficácia das ações implementadas do ponto de vista estatístico, uma vez que os resultados médios não foram significativos pelo teste de Fisher (F) e, conseqüentemente, pelo teste t-pareado (Tabela 4).

Entretanto, foi possível constatar que houve redução no período de paralização da linha de picagem para os principais serviços que foram alvo das ações de melhoria (Figura 7). A parada programada por ser uma atividade essencial para a manutenção preventiva dos equipamentos da linha não foi contemplada pelas ações mitigadoras, por este motivo apresentou uma baixa diferença (D_i) no período antes e depois da ação, porém, cabe destacar que a essa diferença reflete uma execução mais

rápida nos meses após a implementação de melhorias, contribuindo para o aumento no tempo operacional da linha e, conseqüentemente, em ganhos na produtividade.

A maior redução no período de paralização da linha foi constatada para a Troca de turno entre as equipes, portanto, o revezamento do turno de trabalho realizado no painel de operação da linha de picagem é mais eficiente do que no relógio de ponto. Bertozzo (2017), em trabalho sobre redução da troca de turno em caminhões de comboio, obteve redução que varia entre 66,67% e 88,89%, mudando as trocas que aconteciam na sede da empresa para o campo. Na indústria estudada esta minimização do tempo improdutivo ocasionado pela execução desta atividade está relacionada ao fato de um operador

não precisar desligar a linha para passar o posto de trabalho ao outro, proporcionando um aumento no tempo de operação contribuindo para o processamento de uma maior quantidade de madeira.

A implementação do cronômetro regressivo na mesa de operação teve como principal objetivo elevar a frequência na troca de facas do picador durante o mês e equalizar o número de substituições

realizadas por cada equipe de trabalho, uma vez que o desgaste das lâminas proporciona eleva a produção de cavacos fora de especificação (*oversize* e *undersized*) acarretando em perdas significantes na produção (20% e 50%) podendo causar problemas mecânicos nos aparelhos de digestão e comprometer a qualidade o produto (Spinelli et al., 2014; Reczulski, 2015).

Tabela 4. Resultado da ANOVA e do teste t-pareado dos serviços contemplados pelas ações

Parâmetro	Parada Programada	Troca de Facas	Troca de Turno
	ANOVA		
F-value	0,7801 ^{ns}	0,5476 ^{ns}	3,9048 ^{ns}
p-value	0,4269 ^{ns}	0,5003 ^{ns}	0,1193 ^{ns}
Bartlett	0,7315 [*]	0,4925 [*]	0,5395 [*]
CV (%)	34,48	25,84	33,37
	Teste t-pareado		
t-value	0,674 ^{ns}	0,6085 ^{ns}	1,6457 ^{ns}
p-value	0,5698 ^{ns}	0,6048 ^{ns}	0,2416 ^{ns}
\bar{D}_i	4,66	4,01	14,18
σD_i	11,98	11,43	14,93
IC	95%	95%	95%
Limite inferior	-25,10	-24,36	-22,89
Limite superior	34,43	32,39	51,26

Legenda: CV é coeficiente de variação amostral; \bar{D}_i é média das diferenças entre antes e depois da ação; σD_i é desvio padrão das diferenças; IC é intervalo de confiança; ns é não significativo a 5% de significância para o teste de Fisher e para o teste t-pareado; * é significativo 5% de significância para o teste de homogeneidade de variância de Bartlett.

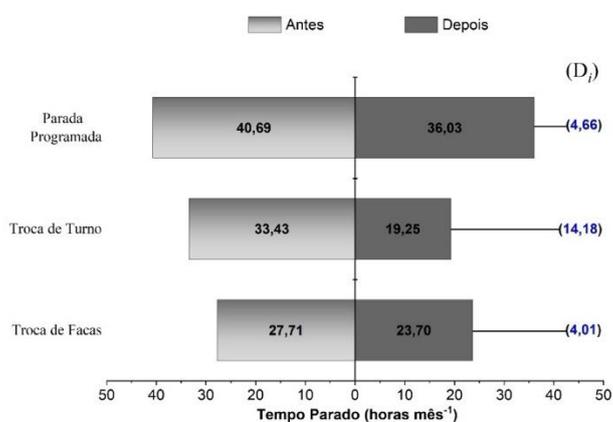


Figure 7. Quantidade de horas não operacionais (antes e depois) por tipo de serviço

Nesse sentido, ao analisar os dados registrados no *PI System* foi possível verificar que a média na troca de facas realizada por cada turma aumentou de 3 para 5 substituições, ficando abaixo do planejado (9 trocas). Portanto, esta ação não foi totalmente eficiente pois o número de trocas mensais após a instalação do cronômetro (25 trocas mês⁻¹) foi inferior à meta definida para substituição preventiva das facas que é de 45 trocas mês⁻¹ (Figura 8). Essa ineficiência pode ser explicada pela ausência de reciclagens mensais sobre a nova atividade junto aos

operadores, proporcionando o não cumprimento do novo procedimento regularmente.

Deste modo é necessário que os gestores da linha de picagem intensifiquem a fiscalização dessa atividade para que o objetivo seja alcançado, além disso, recomenda-se a instalação de um sinal sonoro na mesa de operação para alertar o colaborador para a realização da substituição do conjunto de facas do picador.

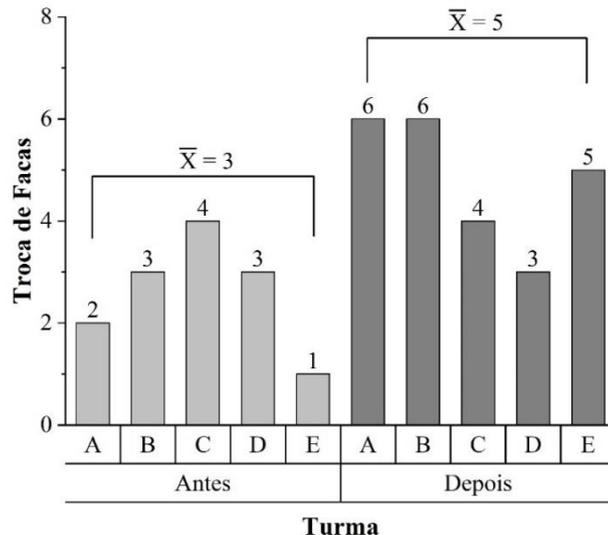


Figura 8. Frequência na troca de facas do picador antes e depois da ação por turma.

Conclusões

O principal fator responsável pela paralização do Picador é o “Entupimento de entrada”. Para mitigar este problema, as ações implementadas foram eficazes, pois influenciaram na melhoria da matéria-prima contribuindo para o aumento no tempo operacional do equipamento elevando a quantidade de biomassa processada.

Na categoria de serviços, a implementação de um novo método de revezamento das equipes de trabalho ao final de cada turno mostrou-se mais eficiente, diminuindo o tempo de paralização da linha. Em contrapartida, o cronômetro instalado na mesa de operação para auxiliar na substituição das facas do picador não atingiu a meta inicial definida.

O método de melhoria contínua na gestão do pátio de madeiras se mostrou eficiente para a gestão operacional uma vez que as ferramentas propostas solucionaram gargalos existentes no processo, tanto relacionado aos equipamentos quanto na gestão de pessoal, otimizando o tempo e maximizando a produção.

Agradecimentos

Ao laboratório de energia de biomassa da Universidade Federal do Paraná (UFPR) pela estrutura e apoio desta pesquisa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior – Brasil (CAPES) – Finance Code 001 pela bolsa.

Referências

Bertoza, L. F. R., & Modolo, D. L. *Aplicação da Metodologia de Pareto para a Redução de Custo na troca e turno do Comboio nas Usinas*, 2017.

Ferreira, E. B.; Cavalcanti, P. P.; Nogueira, D. A. *ExpDes.pt: Pacote Experimental Desingns (Portuguese)*. R package version 1.2.2, 2021. Disponível em: <https://cran.r-project.org/web/packages/ExpDes.pt/index.html>

Hartler, N. Achievement and significance of optimal chip quality. *Tappi journal*, v. 79, n. 2, p. 259-264, 1996. Disponível em: <https://imrise.tappi.org/TAPPI/Products/96/FEB/96FEB259.aspx>

Ibá, Indústria Brasileira de Árvores. *Relatório 2019: ano base 2018*. Disponível em: <https://iba.org/publicacoes/relatorios>. Acesso em 20 de mar 2021.

Ibá, Indústria Brasileira de Árvores. *Relatório 2021: ano base 2020*. Disponível em: <https://iba.org/publicacoes/relatorios>.

Mattiazzo, F. B., Pimenta, L. R., Santiago, S. B., de Oliveira, C. B., & Dal Moro, R. Benefícios da implantação de um sistema de gerenciamento da rotina em uma fábrica de celulose. *O papel*, 77(9), 71-81, 2016. Disponível em: <http://www.revistaopapel.org.br>

Piechnicki, A. S., & Kovaleski, J. L. *Roteiro de aplicação do Masp: um Estudo de Caso na Indústria Madeireira*. Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 8, 2011.

OSIsoft, L. L. C. *Acesso a dados de IIoT com PI System, PI vision & Integradores*. LATAM Regional Conference, 2017. Disponível em: <https://bitly.com/GvRln>. Acesso em: 25 de mar 2021.

R CoreTeam. *R: A language and environment for statistical computing*. Viena, Austria. R Foundation for Statistical Computing, 2019. Disponível em: <https://www.R-project.org/>

Reczulski, M. Analysis of the construction and operation of systems wood chipping and transfer chips. *Wood Research*, v. 60, n. 4, p. 671-678, 2015.

Spinelli, R.; Eliasson, L.; Han, H-S. A Critical review of comminution technology and operational logistics of wood chips. *Current Forestry Reports*, v. 6, n. 3, p. 210-219, 2020. <https://doi.org/10.1007/s40725-020-00120-9>

Spinelli, R.; Glushkov, S.; Markov, I. Managing chipper knife wear to increase chip quality and reduce chipping cost. *Biomass and Bioenergy*, v. 62, p. 117-122, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2014.01.007>

Twaddle, A. The influence of species, chip length, and ring orientation on chip thickness. *Tappi journal*, v. 80, n. 6, p. 123-131, 1997. Disponível em: <https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/97/JUN/97JUN123.aspx>

Uhmeier, A. Some fundamental aspects of wood chipping. *Tappi journal*, v. 78, n. 10, p. 79-86, 1995. Disponível em: <https://imisrise.tappi.org/TAPPI/Products/95/OCT/95OCT79.aspx>