

Otimização do funcionamento de uma máquina de lavar bacias em uma agroindústria

Filipe Marangoni (UTFPR) filipemarangoni@utfpr.edu.br
Diego Ronoel Rech (UTFPR) rech_hotmail@msn.com
Juliano Hobold (UTFPR) julianohob@gmail.com
Samir de Oliveira Ferreira (UTFPR) sferreira@utfpr.edu.br
Evandro André Konopatzki (UTFPR) eakonopatzki@utfpr.edu.br

Resumo:

Tendo em vista a importância da gestão de recursos energéticos e ambientais, este trabalho apresenta o projeto e execução da automação de uma máquina de lavar bacias, presente em uma indústria de beneficiamento de carne suína. Este projeto visa diminuir o consumo de energia elétrica, permitir o aumento da quantidade de bacias lavadas por hora, diminuir o número de paradas da máquina e melhoria do seu sistema de filtragem da água. No processo de automação foi utilizado um CLP onde o programa desenvolvido aciona a esteira e as bombas, somente quando uma caixa passar pelos sensores, desta maneira as principais cargas estarão ligadas somente quando houver necessidade. Para aumentar a quantidade de bacias lavadas foi instalado um inversor de frequência que aciona o motor da esteira, assim aumenta-se a velocidade da esteira e consequentemente aumenta-se a capacidade de lavar bacias. Para melhorar o sistema de filtragem da água, foram projetados, montados e instalados dois anteparos filtrantes nas laterais da máquina visando facilitar a retirada dos pedaços maiores de sujeira. Com a automação foi possível economizar aproximadamente 50 kWh por dia e lavar mais bacias em menos tempo sem perder a qualidade da lavagem. Ao melhorar o sistema de filtragem foi possível diminuir o custo e o tempo de manutenção da máquina, facilitar a limpeza gerando menos risco de contaminação, consequentemente aumentando a confiabilidade da máquina.

Palavras chave: Automação, Gestão de Recursos, Processo de Produção, Redução de Custos.

Operation optimization of a washing machine basins in an agribusiness

Abstract:

Given the importance of managing energy and environmental resources, this paper presents the design and implementation of automation of a basins washing machine, present in a swine meat processing industry. This project aims to reduce the consumption of electricity, allowing increased amount of basins washed per hour, reduce the number of unexpected stops of the machine and improving its filtering system of the water used in the process. In the automation process was used a PLC, where the developed program triggers the conveyor belt and pumps only when a basin past the sensor limit, thus the main cargo will be activated only when necessary. To increase the amount of washed basins, it was installed a frequency inverter that drives the motor of the conveyor belt, increases the belt speed and consequently increases the ability to wash basins. To improve the system of water filtration, it has been designed, assembled and installed two filter screens of the machine to facilitate the removal of the largest pieces of dirt. With automation it was possible to save about 50 kWh per day and to wash more basins in less time without losing the wash quality. By improving the filtration system it was possible to reduce the cost and machine downtime, easier cleaning generating less risk of contamination, thereby increasing the reliability of the machine.

Key-words: Automation, Resource Management, Production Process, Cost reduction.

1. Introdução

Durante o processo de industrialização de carnes em um frigorífico de suínos, as peças de carne retiradas das carcaças são depositadas em bacias específicas para armazenamento durante o transporte e manuseio das peças. Essas bacias são transportadas por uma corrente chamada *Norea*. As bacias são constantemente higienizadas e desinfetadas para poderem receber as peças de carne, para isso é utilizada uma máquina de lavar bacias.

Este estudo foi realizado em um frigorífico de suínos instalado na região oeste do Paraná. Neste frigorífico a máquina de lavar instalada contava com o acionamento manual e simples de todos os seus componentes (como a bomba d'água, a esteira e as válvulas).

Com as novas metas de crescimento da produção houve a necessidade de se otimizar a máquina para que esta acompanhasse o novo ritmo de produção, pois não seria possível a instalação de mais uma máquina no mesmo local devido ao pouco espaço disponível. A única alternativa foi estudar o aumento da capacidade desta máquina já existente.

Nesta etapa foram observadas duas outras limitações construtivas: A Primeira era seu quadro de comando, que se encontrava em péssimo estado de conservação, onde foram constatados orifícios não vedados que permitiam a entrada de água e sujeira. Isso poderia originar falhas e paradas de produção que acarretariam perdas financeiras devido ao atraso na produção estimados pelo tempo de conserto da máquina.

Também foi constatado que o acionamento manual poderia fazer com que a máquina operasse sem bacias em seu interior, ou ainda ficasse ligada por esquecimento do operador, trazendo desperdício de energia elétrica.

Outra observação constatada na máquina foi o fato que a água era reutilizada no enxague das bacias, por recirculação a água ficava suja e com grandes pedaços de carne ao entrar na bomba. Esta sujeira se depositava no rotor da bomba podendo emperra-lo devido ao grande acúmulo de sujeira, caso isso viesse a acontecer, ocasionaria novamente a parada de toda a linha de produção, pois sem bacias higienizadas os setores internos de controle de qualidade e o Serviço de Inspeção Federal (SIF) não liberariam as atividades.

Esta sujeira poderia, ainda, entupir os bicos aspersores (que jogavam água nas bacias) e, desta forma, com menos água elas não ficam higienizadas adequadamente, o que poderia ocasionar contaminação do produto e até comprometer um lote inteiro.

O objetivo deste trabalho foi apresentar uma iniciativa de melhoria da gestão energética e de recursos ambientais por meio da automação da máquina de lavar bacias. Para tanto, foi realizada a automação para acionamento do sistema de lavagem apenas na existência de bacias dentro da máquina e melhorias no sistema de filtragem de água nesta máquina e foi desenvolvido um sistema de anteparos filtrantes capaz de segurar a sujeira presente na água de recirculação, melhorando a limpeza da água e reduzindo a probabilidade de paradas.

Para constatação dos resultados alcançados foi avaliado, com base nos históricos de manutenção da máquina, se houve uma redução no número e na quantidade de horas paradas. Verificou-se também se houve economia de energia ao ligar as principais cargas da máquina somente quando houvesse caixas em seu interior.

2. Materiais e métodos

A metodologia deste projeto constituiu em três etapas: primeiro a análise e implementação da verificação da existência de bacias na máquina e, com isso, o acionamento das bombas e esteiras movimentadoras; segundo, o controle de temperatura da água de lavagem e velocidade da esteira; e a terceira etapa constituiu na fabricação de anteparos filtrantes.

2.1 Controle da presença de bacias na máquina e acionamento das bombas e esteiras

A proposta principal da automação aqui projetada foi reduzir o tempo que a esteira e as bombas ficavam ligadas e que este comando fosse automático. Pensando nisso foi idealizado um projeto com sensores em que a máquina permaneceria ligada somente nos momentos em que as bacias estivessem circulando em seu interior, e não continuamente.

Desta forma, foram instalados dois sensores fim de curso, com o intuito de identificar quando as bacias estavam circulando por dentro da máquina. O sensor fim de curso 1 (observado na Figura 1) aciona as bombas 1 e 2, localizadas na zona suja da máquina, juntamente com a esteira. Caso este sensor fim de curso não seja acionado em um período de 30 segundos o CLP promove o desligamento da esteira e das bombas 1 e 2.

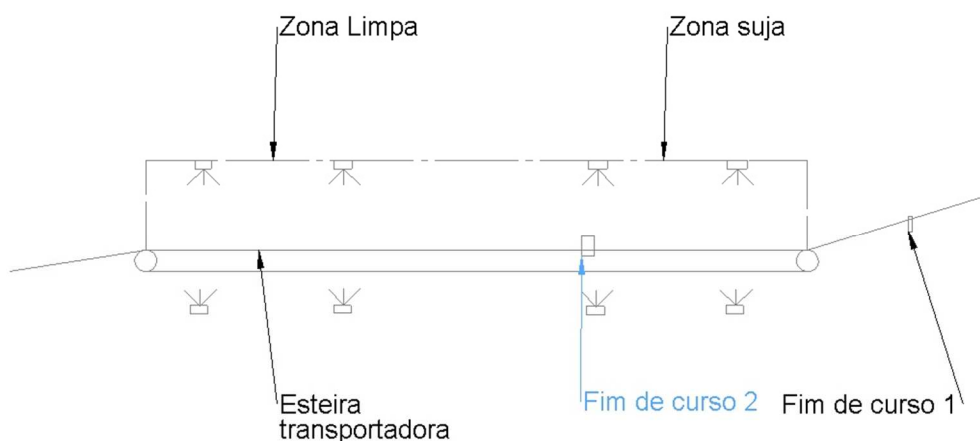


Figura 1 – Perfil em corte esquemático da máquina de lavar bacias
Fonte: Autoria própria

Assim que o sensor fim de curso 2 é acionado, as bombas 3 e 4 localizadas na zona limpa juntamente com a esteira são acionadas. De forma similar, se estes sensores não forem acionados em um período de 30 segundos, o CLP desligará a esteira e as bombas 3 e 4.

Os exaustores são ligados permanentemente, para manter a pressão negativa sobre a máquina de lavar, pois a água que permanece quente todo o período libera constantemente vapores que devem ser retirados do local.

2.2 Controle de temperatura da água de lavagem e velocidade da esteira

Para manter a temperatura da água da máquina no valor recomendado (80°C) é injetado vapor d'água diretamente na água e foi constatado na inspeção da máquina que a injeção do vapor é necessária apenas quando a temperatura da água for inferior aos 80°C, podendo ser interrompida quando a temperatura da água ultrapassar os 80°C. Optou-se, então, por substituir o termostato analógico (que já não estava funcionando corretamente) por outro termostato digital. Com sua instalação foi possível aumentar a confiabilidade da medição e permitir um controle mais preciso da temperatura da água, evitando a injeção excessiva de vapor d'água.

Para fazer o controle da velocidade da esteira e assim possibilitar o aumento da produtividade da máquina com a variação na velocidade de deslocamento das bacias foi utilizado um inversor de frequência.

A partir da instalação do inversor, para a regulação da frequência de operação basta que o encarregado do setor envie uma solicitação aumentando ou diminuindo o número de bacias lavadas, com esta ação foi verificado haver reposição mais rápida e adequada das bacias.

No processo de automação foi utilizado um CLP Siemens LOGO 12/24RC, onde o seu programa aciona a esteira e as bombas, somente quando uma caixa passar pelos sensores fim de curso, desta maneira as principais cargas estarão ligadas somente quando houver caixas em seu interior.

2.3 Fabricação de anteparos filtrantes

Na máquina de lavar bacias a água utilizada para o enxague passa por um sistema de recirculação e limpeza contínuo. A água é aspergida sobre as bacias, e cai em uma grade localizada abaixo da linha de aspersores (chamada de grade de filtragem), onde ficam retidos alguns dos pedaços maiores de sujeira.

A água cai para o tanque abaixo da grade de filtragem e, lateralmente a este tanque primário, está localizado um tanque secundário que contém uma grade (grade lateral) separando os dois tanques, esta grade lateral tem o objetivo de reter a sujeira que se decantou no tanque primário. Um diagrama da máquina pode ser observado na Figura 2.

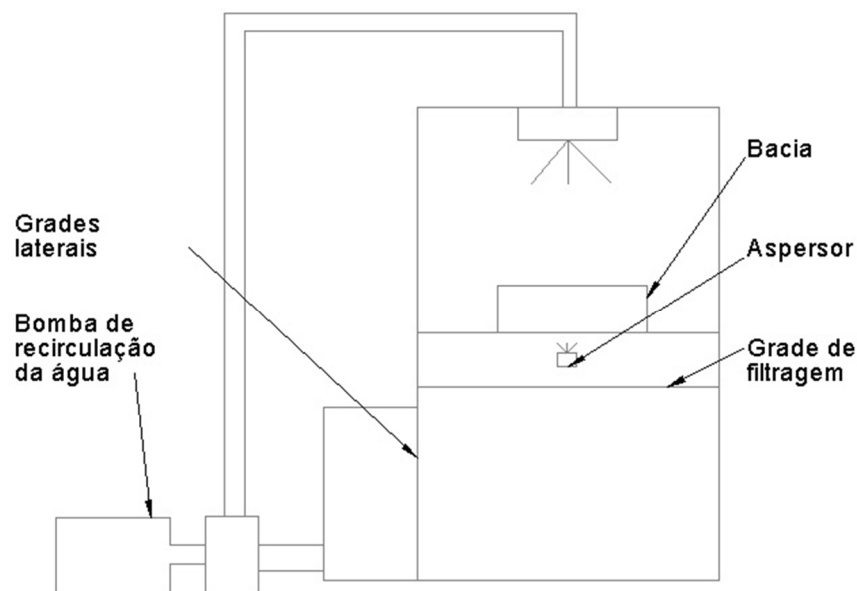


Figura 2 – Visualização da grade no perfil lateral da máquina sistema antigo
Fonte: Autoria própria

Neste tanque secundário a água é captada por uma bomba que a asperge novamente, completando o ciclo. As bacias são lavadas de boca para baixo, assim os pedaços maiores de carne que restaram da última utilização ficam depositados na grade de filtragem. Estes pedaços sempre foram retirados de maneira manual, por uma janela. Com frequência estes pedaços atravessavam a grade, pois há furos grandes que permitem a passagem de pedaços maiores. Esses pedaços se acumulam no fundo do tanque e isso dificultava a limpeza, pois o acesso ao fundo do tanque era muito difícil, alguns pedaços acabam não sendo retirados devido à essa dificuldade de acesso.

Outro problema era a montagem das grades laterais que utilizavam uma grade com furos de 10 mm, permitindo a entrada de pedaços consideravelmente grandes no tanque de captação e recirculação da água. Estes pedaços grandes poderiam incrustar no rotor e interior da bomba, aumentando a probabilidade de sua obstrução e, conseqüente, seu travamento.

Baseado nisso, foi projetado um sistema de anteparos filtrantes na zona suja da máquina, como observado na Figura 3. Foi colocada uma chapa de maneira inclinada, para que estes

pedaços, que caem das caixas, fiquem sobre esta chapa e sejam levados pela água até os anteparos filtrantes. Desta forma eles ficam retidos sobre as grades para posterior limpeza.

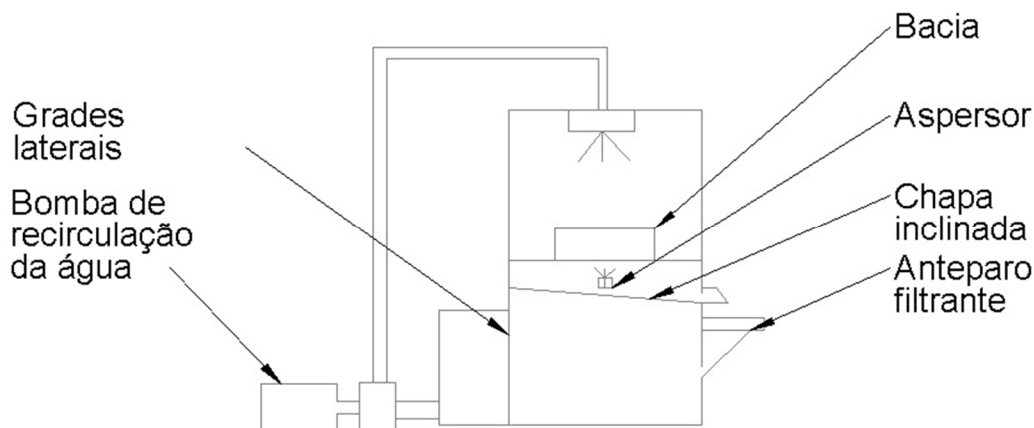


Figura 3 - Visualização da grade no perfil lateral da máquina sistema atual
Fonte: Autoria própria

Nos anteparos filtrantes foram projetadas peneiras móveis, observadas na Figura 4, para agilizar o processo de limpeza. O material utilizado em todas as partes foi o aço inox que por não oxidar eliminando a possibilidade de ocorrer o acúmulo de sujeira em pontos de corrosão, que por sua vez podem ser o local de multiplicação de bactérias e, consequentemente, contaminação das bacias.

Nas laterais foram utilizadas chapas de aço inox com perfurações de 5 mm, com a intenção de diminuir a entrada de sujeira nas bombas reduzindo a necessidade de manutenção.

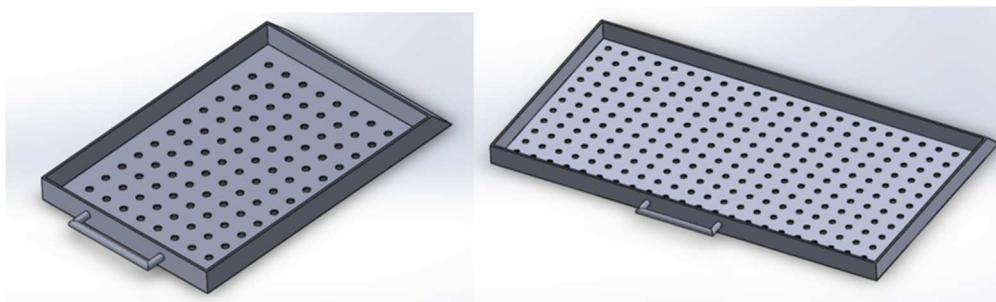


Figura 4 – Peneiras móveis
Fonte: Autoria própria

Para avaliação da confiabilidade do novo sistema de controle da temperatura da água, foi instalado um sistema de aquisição de dados de temperatura. Com o objetivo de verificar se com o novo sistema, a máquina permaneceu por menos tempo ligada, foi instalado também um horímetro para medição da energia consumida pela máquina. O seu contato é acionado quando a esteira é ligada, desta forma foram coletados os dados com o sistema de automação ligado e desligado, para se realizar uma comparação.

3. Resultados e discussões

Nesta seção serão comparados os dados referentes ao sistema anterior e ao novo sistema automatizado. Serão apresentadas as informações sobre o aumento da capacidade de lavar bacias, sobre a redução no consumo de energia elétrica e o histórico de manutenção da máquina.

3.1 Aquisição de dados de temperatura da água de lavagem

O período de amostragem selecionado para aquisição dos valores da temperatura da água foi de 1 minuto. Após a coleta dos dados durante 17,5 horas chegou-se ao resultado mostrado na Figura 5.

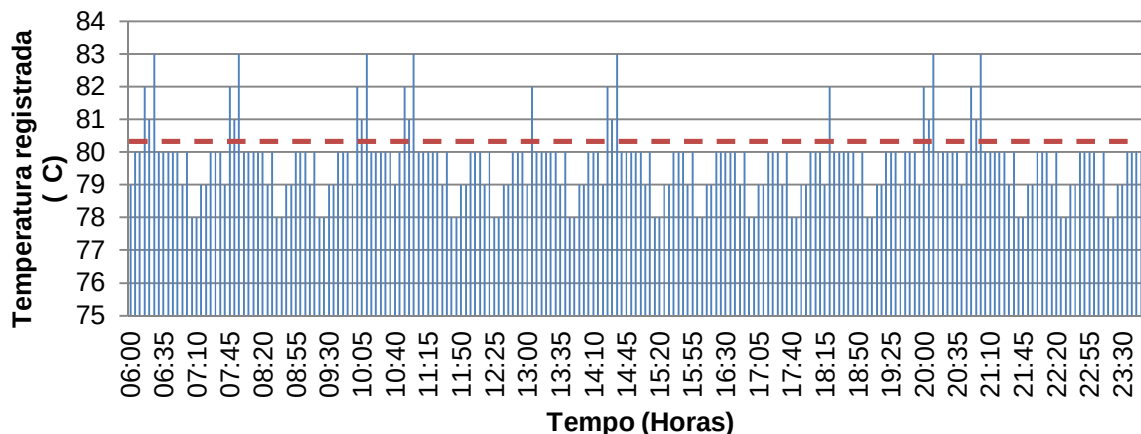


Figura 5 – Dados de temperatura da água de lavagem
Fonte: Autoria própria

Observando o gráfico é possível verificar que há pouca variação em torno da temperatura de referência ideal, de 80°C, onde os valores mínimos não são inferiores a 78°C, e os valores máximos não ultrapassam 83°C. Assim, a variação máxima não ultrapassa os 4%, indicando que o controle de temperatura realizado é satisfatório.

3.2 Aumento da capacidade de lavar bacias

Com o intuito de aumentar a capacidade de lavar bacias foi instalado o inversor de frequência e foi controlada a velocidade do motor que aciona a esteira movimentadora das caixas no interior da máquina. A Tabela 1 mostra as relações obtidas ao variar a frequência do motor em relação à capacidade de lavar bacias.

Frequência	Rotação por minuto	Metros por minuto	Bacias por minuto
35	987	10	13
45	1269	13	17
50	1410	15	18
55	1551	16	20
60	1692	18	22
65	1833	19	24
70	1974	21	26
75	2115	22	28
85	2397	25	31
90	2538	27	33
95	2679	28	35
100	2820	30	37
105	2961	31	39
115	3243	34	42
120	3384	35	44

Fonte: Autoria própria

Tabela 1 – Relação entre frequências e número de bacias lavadas

Como é possível verificar pela Tabela 1, na menor frequência programada (35 Hz) há um deslocamento de 10m/min da esteira, gerando assim a possibilidade de lavar 13 bacias na mínima velocidade. Para a frequência máxima atribuída (de 120 Hz) se obtém um deslocamento de 35 metros por minuto e a possibilidade de lavar 44 bacias por minuto.

Foi feita a comparação qualitativa entre uma bacia lavada na frequência mínima e uma lavada na frequência máxima e observou-se que a alteração da velocidade não diminuiu a qualidade da limpeza. Na Figura 6 pode ser visualizada em (A) uma bacia lavada na menor velocidade, e em (B) uma bacia lavada na maior velocidade.

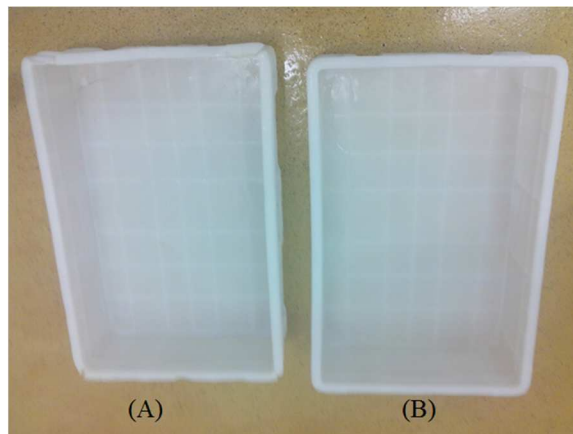


Figura 6 - Bacia lavada na menor velocidade (A) e bacia lavada na maior velocidade (B)
Fonte: Autoria própria

Depreende-se da Figura 6 que não há depósitos de resíduos e impurezas nas bacias lavadas, sendo que a variação na velocidade da esteira transportadora não influenciou na qualidade da lavagem das bacias.

3.3 Consumo de energia elétrica

Com a instalação do horímetro foi possível comprovar que houve redução no tempo em que as principais cargas da máquina (motor e bombas) permaneceram ligadas, conforme observado no Gráfico 1. Após a instalação do sistema de automação, as principais cargas somente são acionadas quando há caixas próximas ou dentro da máquina.

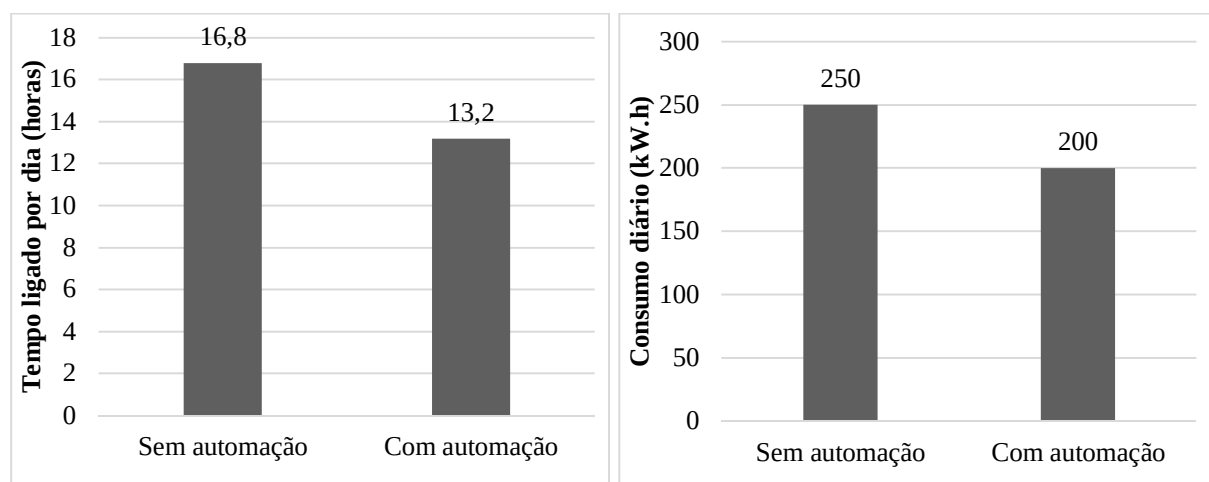


Gráfico 1 – Tempo de operação e consumo de energia elétrica ao longo do dia para os dois sistemas
Fonte: Autoria própria

Ao ser analisado o tempo que as máquinas permanecem ligadas, proveniente da leitura do Horímetro instalado, é possível verificar uma diferença de 200 minutos, ou seja, 3 horas e 20 minutos ao longo do dia.

Para uma potência instalada que pode ser automatizada de 14,9 kW (4 bombas de 5 cv e a esteira 1/3 cv), resultou em uma redução de consumo da ordem de 50 kWh por dia, perfazendo uma economia de 20% no consumo da máquina. No entanto, acredita-se que o consumo possa ser ainda menor, pois quando a esteira está ligada não significa obrigatoriamente que todas as bombas estejam ligadas, desta forma a diminuição do consumo pode ser maior ainda.

Tomando por base a economia registrada é possível chegar a um quantitativo financeiro da redução de custos anuais. Considerando o preço do kWh atualmente como R\$ 0,52202, a economia alcançada pode alcançar cerca de R\$ 6300,00/ano.

3.4 Anteparos filtrantes instalados

Após montadas as partes mecânicas, o novo sistema de filtragem com os anteparos filtrantes, foi instalado em um final de semana. O processo de fixação das peças novas na máquina foi feito com a utilização do processo de soldagem TIG.

Com os anteparos 1 e 2 instalados, que podem ser visualizados na Figura 7, foi facilitado o trabalho de retirada dos pedaços grandes de carne que antes acabavam causando problemas na operação da máquina.

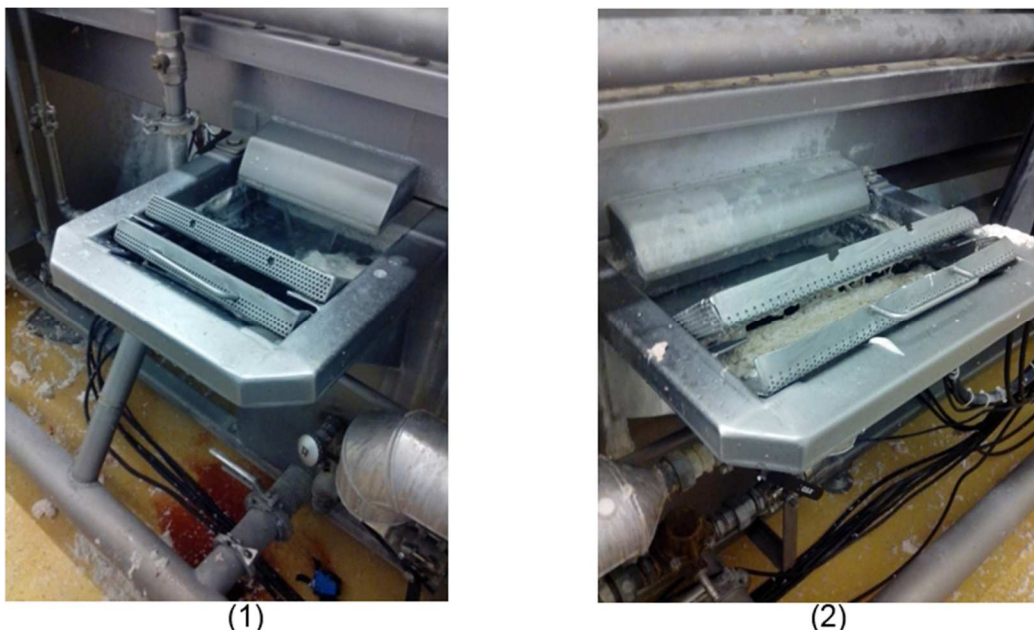


Figura 7 – Anteparos filtrantes 1 e 2
Fonte: Autoria própria

Com essas duas peneiras móveis foi possível reter os maiores pedaços de sujeira que saem com a água da máquina, e por serem móveis facilitou a retirada e limpeza tornando o sistema mais versátil.

Com a instalação da grade lateral com furos de espessura de 5 mm diâmetro, que pode ser observada na Figura 8, houve uma considerável redução das paradas da máquina, pois não havendo contato direto entre a sujeira e a bomba, foi possível diminuir a possibilidade de incrustação sobre o rotor da bomba.



Figura 8 – Nova grade lateral com chapa em aço inox com furos de 5 mm
Fonte: Autoria própria

3.5 Histórico de manutenção

A Tabela 2 apresenta somente os custos ligados à manutenção, não sendo incluso os custos de parada de produção, hora extra no caso das grandes paradas do pessoal da limpeza e em alguns momentos o pessoal da produção.

Problema	Antes da reforma 06/04/2013 - 06/09/2013		Após a reforma 06/09/2013 - 23/11/2013	
	Horas trabalhadas	Custo mão de obra (R\$)	Horas trabalhadas	Custo mão de obra (R\$)
A água está fria	2,7	81	0,3	9
Água não esquentar	1	30	Não ocorreu	0
Bacia travada	0,5	15	1,3	36
Chave liga desliga solta	1,2	36	Não ocorreu	0
Esteira não liga	3,4	102	5,5	165
Exaustores não ligam	1,1	33	Não ocorreu	0
Máquina de lavar bacias não fica ligada	1,9	57	Não ocorreu	0
Não está jogando água	4	120	Não ocorreu	0
Não liga esteira	2	60	Não ocorreu	0
Não liga máquina de lavar	0,4	12	Não ocorreu	0
Não sai água nos bicos	1,2	36	Não ocorreu	0
Sem água	0,7	21	2	60
Total	20,1	603	9	270
Média no período analisado	0,134	4,02	0,117	3,51

Fonte: Autoria própria

Tabela 2 – Custos e horas trabalhadas para o setor de lavagem de bacias

Apesar de os dois períodos serem de espaço de tempos distintos, é possível verificar que muitos dos problemas que aconteciam com frequência antes da reforma, após o projeto de gestão energética e otimização do processo, diminuíram ou simplesmente deixaram de acontecer. Como, por exemplo: a água não esquentar, esse problema não ocorreu mais devido a instalação do novo controlador de temperatura; não sai água nos bicos, deixou de acontecer devido à instalação do novo sistema de filtragem.

Com a instalação do novo comando, todos os problemas relacionados à parte elétrica diminuíram consideravelmente (de 12 para 5). Isso acarretou em um grande aumento da confiabilidade da máquina.

No período analisado antes da reforma (do dia 06/04/2013 até o dia 06/09/13) foi verificado que em 150 dias gastou-se com manutenção R\$ 603,00 assim perfazendo uma média de R\$ 4,02 por dia. No período após a reforma (que vai do dia 06/09/2013 até o dia 23/11/13) foi constatado que em 77 dias gastou-se R\$ 270,00 com manutenção, assim gerando aproximadamente um custo de R\$ 3,51 por dia. Houve 12,7% de redução dos custos de manutenção.

O tempo médio de máquina parada era de 0,134 horas /dia antes da automação e melhorou para 0,117 horas/dia. Apresentando uma redução de 12,6% no tempo diário de parada.

Mas esta comparação, talvez, não tenha incluído todo o potencial de redução de custos, pois o período analisado após a reforma caracteriza o uso inicial de uma máquina, que é um dos períodos iniciais da curva da banheira, na qual se constata diversas falhas. Com o tempo e ajustes de montagem a tendência é diminuir consideravelmente o número de falhas e tempo de parada, tornando-a mais disponível, e consequentemente, mais confiável para as atividades em cadeia do setor que dependem da lavagem das bacias.

4. Conclusão

Sendo a máquina de lavar bacias um equipamento de grande importância no processo produtivo da empresa de beneficiamento de carne suína (em questão), conclui-se que as iniciativas de melhorias na gestão de energética e de recursos propostas e realizadas no equipamento levaram a consideráveis benefícios:

1. Com o uso da automação foi possível aumentar a eficiência do processo de lavagem das bacias. Após a instalação do sistema de automação da máquina de lavar, com comando que permite desligar as principais cargas, acionando-as quando houver bacias próximas ou dentro da máquina, o tempo de funcionamento da máquina foi reduzido, diminuindo seu consumo energético médio diário em 50 kWh (20%).
2. A instalação do inversor de frequência para acionamento da esteira da máquina possibilitou o aumento da capacidade de lavagem da máquina e o controle da velocidade desta, de forma a permitir à máquina se adequar a demanda variável de lavagem de bacias do setor, reduzindo ainda mais o consumo energético e de água. Vale notar também que o aumento da capacidade de lavagem de bacias, proporcionado pelo novo acionamento e controle do sistema, não implicou em perda da qualidade da lavagem, uma vez que foi verificada a máxima velocidade de operação da máquina que permitia uma lavagem satisfatória.
3. O sistema de filtragem original da máquina de lavar bacias era de difícil limpeza e apresentava diversos problemas relacionados às paradas não programadas, principalmente devido à filtragem pouco eficiente que afetava os equipamentos auxiliares da máquina. O sistema readequado de filtragem de água empregado na máquina permitiu maior filtragem e menor probabilidade de entupimento dos bicos aspersores, resultando menos falhas.
4. Por meio de melhorias projetadas para a máquina, esta tornou-se capaz de melhor segurar a sujeira presente na água de lavagem que passa pela recirculação. Este resultado melhorou tanto a qualidade da água reutilizada no processo, como passou a impedir que pedaços grandes de sujeira tivessem a possibilidade de entrar na bomba d'água, reduzindo assim a ocorrência de paradas por este motivo.
5. Ao longo do trabalho notou-se também que outra causa importante de paradas não programadas da máquina de lavar bacia era o controle de temperatura da água de lavagem. Sendo assim, este sistema também foi reformulado, por meio de um controlador em malha fechada, conduzindo a melhoras significativas no perfil de manutenção referente a esse sistema.

6. Dessa forma, a implementação do projeto de automatização proposto neste trabalho acabou por mitigar as maiores fontes de problemas corriqueiros relacionados a máquina de lavar bacias, reduzindo expressivamente sua frequência de ocorrência. Estes fatos se refletem diretamente em um aumento de confiabilidade em todo o processo, que de acordo com estimativas permitiriam a redução dos custos de manutenção em aproximadamente 12,7%.
7. O setor de lavagem de bacias, agora com menor necessidade de atenção por parte da equipe de manutenção da empresa, fez com que os resultados deste trabalho também se refletissem no âmbito geral da empresa. Uma vez que houve aumento da disponibilidade dos mantenedores para dar atenção para outras máquinas mais importantes da linha de produção, onde os custos de parada são mais altos.

Referências

- ABRAMAN**, *Noções básicas de processos de soldagem e corte*. SENAI-Serviço Nacional De aprendizado Industrial. 1996. Disponível em <<http://www.abraman.org.br/Arquivos/19/19.pdf>>. acesso em setembro de 2015.
- ALVES, J. L. L.** *Instrumentação, Controle e Automação de Processos*. 2 Ed. Rio de Janeiro: Livros Técnicos e Científicos Editora LTDA, 2010.
- ANTONELLI, P.L.** *Introdução aos Controladores Lógicos Programáveis (CLPs)*. Disponível em <<http://www.ejm.com.br/download/Introducao%20CLP.pdf>>. Acesso em setembro de 2015.
- CAPELLI, Alexandre.** *Automação industrial: Controle do movimento e processos contínuos*. São Paulo: Érica, 2008.
- FRANCHI, Claiton Moro; CAMARGO, Valter Luís Arlindo de.** *Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos*. São Paulo: Érica, 2008.
- GEORGINI, Marcelo.** *Automação Aplicada: descrição e implementação de sistemas sequenciais com PLC's*. São Paulo: Editora Érica, 2006.
- MORAES, P. S.** *Lógica de Programação*. Unicamp- Centro de Computação- DSC, 2000. Disponível em: http://www.siban.com.br/destaque/21_carta.pdf Acesso em: 24 de novembro de 2013.
- SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E.** *Automação e Controle Discreto*. 9. Ed. São Paulo: Editora Érica, 2010.
- STOTEARAU R. L.** *Apostila sobre brocas*. 2013. Disponível em: <<http://files.mecanicabasica.webnode.com.br/200000076-520ac53047/apostila%20sobre%20brocas.PDF>> Acesso em setembro de 2015.
- WEG.M.E.** *Motores de indução alimentados por inversor de frequência, versão 3*, 2013. Disponível em: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-motores-de-inducao-alimentados-por-inversores-de-frequencia-pwm-027-artigo-tecnico-portugues-br.pdf>>. Acesso em setembro de 2015.
- WEISS. A.** *Processos de fabricação mecânica*. 1 ed. Curitiba-PR. Editora LT-Livro. Técnico. 2012.