


PROPOSTA DE FERRAMENTAS DO LEAN MANUFACTURING PARA ÁREA MANUTENÇÃO ELETROMECHANICA

 <https://doi.org/10.56238/arev7n3-165>

Data de submissão: 17/02/2025

Data de publicação: 17/03/2025

Daniel Rodrigues dos Santos
Mestre em Gestão Industrial e Tecnologia
SENAI CIMATEC

Carlos César Ribeiro Santos
Doutor em Modelagem Computacional e Tecnologia Industrial
SENAI CIMATEC

Leonardo Sanches de Carvalho Filho
Estudante de Engenharia Mecânica
SENAI CIMATEC

Guido Barbosa Velloso
Estudante de Engenharia Mecânica
SENAI CIMATEC

Maria Luiza Teixeira de Jesus Soares
Estudante de Engenharia Mecânica
SENAI CIMATEC

Rafael Souza Sobral
Estudante de Engenharia Mecânica
SENAI CIMATEC

RESUMO

Esta pesquisa aborda ferramentas do lean aplicadas na área de manutenção eletromecânica. Utilizou-se a revisão da literatura e da aplicação prática tanto do 5S quanto do diagrama de espaguete com o objetivo de entender como essas ferramentas podem ser aplicadas para promover melhorias na área de manutenção eletromecânica. Neste sentido, a pergunta de pesquisa foi respondida e os objetivos alcançados. Conclui-se que a combinação da revisão teórica com a aplicação prática das ferramentas Lean, em um caso real, permitiu vislumbrar propostas futuras de melhorias com perspectivas de ganhos substanciais como a redução no deslocamento no layout do torneamento em 70%. Desta forma, estes resultados evidenciam o potencial das ferramentas do lean para redução de desperdícios e aumento de produtividade.

Palavras-chave: Lean Manufacturing. Manutenção Eletromecânica. Ferramentas de Melhoria Contínua.

1 INTRODUÇÃO

Todos os segmentos da indústria necessitam pensar em melhoria, redução de desperdícios, de custos e aumento de produtividade. Desta forma, o lean manufacturing ou manufatura enxuta, traz tudo isso em sua essência. Neste sentido, a área de manutenção eletromecânica, cerne deste trabalho, precisa aperfeiçoar a forma como suas atividades são realizadas de modo a aumentar a disponibilidade dos equipamentos/máquinas/componentes ligados à área, como exemplos, os motores elétricos ou bomba d'água.

Os primeiros relatos de um motor elétrico foram em meados do século XIX na Europa, em que estes surgiram com a finalidade de ser uma máquina capaz funcionar, sem a necessidade de uma força humana como fonte de energia (SOUZA, 2018). Tudo isso com a finalidade de obter uma máquina capaz de se destacar das demais na época, visando atender a demanda de produção impulsionada pela Segunda Revolução Industrial.

Já as bombas d'água surgiram há mais de 4 mil anos no Egito, com a finalidade de irrigar as plantações da época de uma forma mais eficiente, elevando a água para o nível desejado. Ao longo da história diversos aperfeiçoamentos e avanços tecnológicos foram feitos, buscando aumentar a capacidade de elevar essa água, de acordo com as necessidades de cada época, resultando em diversos modelos de bomba d'água hoje existentes (YANNOPOULOS, et al 2015).

Nos últimos anos, as bombas d'água passaram por aperfeiçoamentos, a fim de conseguir atender o abastecimento de residências cada vez maiores, onde há um fluxo significativo de água a ser encaminhado. Por sua vez, os motores elétricos passaram por constantes inovações tecnológicas, a fim de haver modelos capazes de entregar uma eficiência energética necessária e ao mesmo tempo, ajudar na redução de custos.

Assim esta pesquisa visa entender como as ferramentas do lean (5S e diagrama de espaguete) podem reduzir desperdícios e aumentar a produtividade na área de manutenção eletromecânica? O objetivo geral deste artigo é entender como ferramentas do lean (5S e diagrama de espaguete) podem ser aplicadas na área de manutenção eletromecânica e os objetivos específicos são: elencar desperdícios em uma empresa do ramo de manutenção eletromecânica e propor melhorias para o time da empresa em momento oportuno executar.

1.1 LEAN THINKING

O lean manufacturing surge e se consolida, a partir do STP, como uma filosofia que prega o pensamento enxuto e a eliminação de desperdícios. A escolha do nome “enxuto” deve-se ao fato do STP utilizar menores recursos em comparação à produção em massa, sejam eles mão de obra, espaço

físico, investimento, tempo de planejamento e produção, estoques ou maquinário, seu criador foi Taiichi Ohno (WOMACK, JONES e ROOS, 2004).

Desta forma, o lean surgiu no Japão, na fábrica da Toyota no pós segunda guerra mundial. A economia do país estava devastada pela guerra e o governo teve que aplicar medidas protecionistas em relação ao capital estrangeiro para permitir o desenvolvimento industrial interno. Esse contexto foi vital para o Sistema Toyota de Produção (STP) ganhar força e espaço no setor automobilístico mundial, visando elevar a eficiência da produção pela extinção contínua dos desperdícios (WOMACK, JONES e ROOS, 2004; DESHMUKH, et al, 2022).

O lean atua fortemente com cinco princípios, os quais são definidos por WOMACK, JONES e ROOS, 2004; KNOL, et al, 2018; DESHMUKH, et al, 2022:

- **Valor:** É tudo que o cliente está disposto a pagar e que satisfaz suas necessidades e expectativas;
- **Fluxo de valor:** é a sequência de todas as atividades que transformam insumos em um produto ou serviço que agrega valor ao cliente;
- **Fluxo contínuo:** é a busca por um fluxo de trabalho ininterrupto, eliminando interrupções e atrasos, para que os produtos ou serviços fluam de forma suave e eficiente por todo o processo;
- **Fluxo puxado:** é um sistema onde a produção é iniciada somente quando há uma demanda do cliente, evitando a produção em excesso e garantindo que os produtos sejam entregues no momento certo;
- **Perfeição (ou Melhoria Contínua):** é a busca incessante pela eliminação de todos os desperdícios e a otimização dos processos, visando alcançar a máxima eficiência e qualidade.

Estes princípios necessitam ser entendidos por todos envolvidos no processo de melhoria para que os desperdícios sejam identificados e eliminados. Neste sentido, o lean visa eliminar oito desperdícios, conforme Deshmukh, et al (2022), a saber:

- **Superprodução:** que significa produzir mais do que o necessário;
- **Espera:** que é o tempo que os produtos ou pessoas esperam para até o próximo passo ou processo, que pode ocorrer por causa de filas, falta de materiais ou desequilíbrio do sistema de produção;
- **Transporte:** que são os deslocamentos com os materiais;
- **Processamento excessivo:** que podem ser excessos de checagens, reprocessamentos, entre outros que não agregam valor;

- **Estoque:** que é o excesso de matérias-primas, produtos em processo ou produtos acabados;
- **Movimentação:** que são os deslocamentos desnecessários de pessoas para buscar por exemplo, ferramentas, materiais ou informações, aumentando o tempo de ciclo do processo;
- **Defeitos:** são produtos ou serviços que não atendem aos requisitos do cliente;
- **Intelecto:** que significa a não utilização do potencial dos colaboradores para solução de problemas.

Partindo do entendimento dos princípios do lean e da identificação dos desperdícios, faz-se necessário a utilização de ferramentas que auxiliem na correção do rumo da área que está sendo mapeada. Assim, a próxima seção tratará das ferramentas 5S e diagrama de espaguete.

1.2 FERRAMENTAS DO LEAN

Conforme visto na seção anterior, o lean visa identificar e eliminar desperdícios, mas para isso, necessita de ferramentas que auxiliem nesta tarefa. Desta forma, este trabalho tem como vertente tratar três ferramentas no contexto de uma empresa que atua na área de manutenção eletromecânica e estas são: 5S e diagrama de espaguete.

O 5S é um método japonês de organização que tem como objetivo melhorar a eficiência, produtividade e segurança em diversos setores e tipos de empresas. Baseado em cinco princípios, cada um deles busca criar um ambiente de trabalho mais ordenado, seguro, limpo e eficiente. Os cinco senso conforme, Randhawa e Ahuja (2017) são:

- **Senso de Utilização (Seiri):** significa organizar o ambiente de trabalho, eliminando tudo o que não é necessário para a realização das atividades;
- **Senso de Organização (Seiton):** Após eliminar o que não é necessário, o próximo passo é organizar o que ficou. Cada item deve ter um lugar definido e de fácil acesso, facilitando a localização e evitando perdas de tempo na busca por materiais;
- **Senso de Limpeza (Seiso):** a limpeza é essencial para um ambiente de trabalho eficiente e seguro, o ideal é gerar o sentimento nos colaboradores de que cada um é responsável por manter seu ambiente de trabalho limpo;
- **Senso de Padronização (Seiketsu):** após a limpeza, é preciso padronizar os procedimentos e as condições do ambiente de trabalho, incluindo a criação de checklists e de procedimentos operacionais padrão (POPs);
- **Senso de Disciplina (Shitsuke):** é preciso criar uma cultura de organização e limpeza,

envolvendo todos os colaboradores e líderes. A disciplina é alcançada através da educação, do treinamento e da criação de um ambiente de trabalho onde a organização seja valorizada.

Em concordância com a implantação do método 5S, o diagrama de espaguete traz em seu objetivo o mapeamento para representar o fluxo de movimento de pessoas, peças/produtos e documentos em um determinado ambiente. A partir da visualização do fluxo é possível tomar decisões mais assertivas para otimizar o layout, reduzir custos e aumentar a eficiência (DANESHJO, et al, 2021).

O diagrama de espaguete é de suma importância para melhoria em layouts, o que para Slack, Jones, Johnston (2018) “arranjo físico” (layout) de uma operação ou processo significa a forma como seus recursos de transformação são posicionados entre si, como suas várias tarefas são alocadas a esses recursos de transformação e a aparência geral desses recursos.

Ainda segundo Slack, Jones e Johnston (2018), a decisão de arranjo físico é importante porque, se o layout estiver errado, pode provocar padrões de fluxo muito longos ou confusos, filas de clientes, longos tempos de processo, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis, altos custos e uma resposta fraca para os que estiverem dentro da operação, sejam eles clientes ou funcionários.

2 METODOLOGIA

Para fundamentação teórica deste artigo, foi utilizada a revisão da literatura, com artigos, teses e dissertações pesquisados em bases como Scopus, Web of Science e Google Scholar. Pesquisa de campo, na realização dessa etapa foram realizadas visitas na empresa, com a parte da força de trabalho e a gerência. A pesquisa envolveu a análise das possibilidades de melhorias com 5S, estudos de layout da empresa com o diagrama de espaguete para propor melhorias no layout.

Ademais, a pesquisa tem limitações, como por exemplo, no tocante a solução dos problemas/oportunidades identificados na empresa, além disso, a implementação das melhorias propostas não foi acompanhada neste trabalho, sendo de responsabilidade da empresa. Apesar dessas limitações, os resultados obtidos podem servir como base para futuras pesquisas e projetos de melhoria na área de manutenção eletromecânica.

3 A EMPRESA

O estudo de caso foi desenvolvido em uma empresa de eletromecânica localizada na cidade de Salvador - BA, que possui como escopo principal os serviços de manutenção de bombas d'água, motores elétricos e alternadores, conforme catálogo descrito abaixo na figura 1.

Figura 1: Catálogo de equipamentos para serviço de manutenção



Fonte: Próprio autor, 2024.

Fundada em 1954, a empresa abriu as suas portas em uma pequena casa e executou os seus primeiros serviços operando com poucos equipamentos, alguns deles desenvolvidos pelo próprio fundador. Sempre sob gestão familiar, a empresa conseguiu se consolidar no mercado e gerar valor para seus clientes. Como consequência do aumento da demanda, foi necessária a expansão, de maneira orgânica, das instalações administrativas e da oficina. Devido às limitações físicas, esse crescimento ocorreu verticalmente, de forma que hoje a empresa conta com um edifício de 3 andares, o que dificulta muitas vezes o trânsito dos seus funcionários e o transporte dos equipamentos internamente.

Hoje a empresa possui contratos com grandes indústrias e com a companhia de abastecimento de água da cidade, contratos esses que somam maior parte da demanda de serviços que recebem. Devido ao fato de a empresa sempre ter crescido de maneira não planejada, foi possível observar oportunidades de melhoria e de implementação das ferramentas do Lean, o 5S e o diagrama de espagete em seu processo produtivo. Essas oportunidades serão detalhadas no capítulo de resultados e discussões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O método 5S conforme mencionado na seção de revisão da literatura, tem como principal vertente “arrumar a casa”, ou seja, gerar um ambiente mais organizado, limpo e propício para realização do trabalho com segurança. Assim, a seguir são demonstradas as principais oportunidades de melhorias a partir do método 5S.

4.1 OPORTUNIDADES ENCONTRADAS NOS SENSOS DO MÉTODO 5S

Na avaliação voltada ao senso de utilização notamos que existe a necessidade de organizar o ambiente de trabalho e eliminar tudo o que não é necessário para a realização das atividades (com ênfase nas ferramentas que os colaboradores utilizam no dia a dia) conforme imagem 1 abaixo.

Imagem 1: Oportunidades de melhoria no senso de utilização



Fonte: Próprio autor, 2024.

Como proposta de melhoria, deve-se verificar o que está sendo utilizado no espaço do colaborador e caso contrário retirar os equipamentos/utensílios. E trazer para si o que é de uso frequente. Existem ferramentas em latas que foram adaptadas como local de armazenagem, além disso, existem objetos espalhados com um destaque especial para as bombas que aguardam serviço, dificultando assim a gestão visual do processo.

Outro ponto a ser melhorado, são as áreas de trânsito que se encontram na maioria das vezes obstruídas, muito relacionado ao fato de a oficina crescer verticalmente e não ter espaço para crescer horizontalmente, há determinadas áreas obstruídas para o trânsito de pessoas. Um ponto a ser avaliado, seria o acúmulo de bombas e a falta de um espaço específico para elas. Podendo até ocasionar em problemas que afetem a integridade do colaborador e/ou visitante.

No que se refere ao senso de organização e limpeza a imagem 2 abaixo traz um ambiente com diversas oportunidades, pois além de materiais estarem dispostos em locais inadequados, tem sujeira no ambiente.

Imagem 2: Oportunidade de organização e limpeza



Fonte: Próprio autor, 2024.

O senso de organização tem em seu âmago que cada equipamento/ferramenta tenha seu local especificado, o que na oportunidade não encontramos. No que se refere a limpeza, no ambiente não existe coleta seletiva e disciplina para quem sujar, também ser o responsável por limpar, conforme a imagem acima.

Como melhoria a sugestão inicial é promover um mutirão de limpeza que precisa acontecer desde o primeiro senso, chegando neste com pouca coisa a ser feita e implantar uma coleta seletiva dos produtos que são resíduos, para que o ambiente de trabalho seja mais saudável.

No que se refere ao senso de padronização e autodisciplina, a empresa possui outras oportunidades de melhorias, como sinalização de segurança, fluxo de informações, conforme imagem 3 abaixo.

Imagem 3: Oportunidades de padronização e autodisciplina



Fonte: Próprio autor, 2024.

A sugestão é sinalizar todos os pontos de atenção na oficina, mesmo para aqueles colaboradores que estão há bastante tempo na empresa, segurança não pode ser negligenciada. Além disso, é preciso reforçar a pintura dos caminhos seguros da oficina.

No senso de disciplina, é importante avaliar inicialmente se as pessoas praticam as normas de segurança, estabelecer palestras motivacionais, de segurança, da importância de manter um ambiente limpo, organizado e seguro.

Até o momento deste levantamento, não existia um formulário de auditoria 5S na área. A sugestão é que além do formulário de auditoria, deve-se inicialmente treinar pessoas, escolher representantes para realizar a auditoria na área e estabelecer uma rotatividade na responsabilidade desta realização, focar nos pontos de cumprimento dos requisitos do 5S e fazer uma reavaliação dos pontos que foram abordados na primeira auditoria realizada.

O que não estiver sendo cumprido, sugerimos uma conversa com o colaborador para entender as principais dificuldades que ele tem para poder seguir no cumprimento das regras e em conjunto estabelecer metas e prazos.

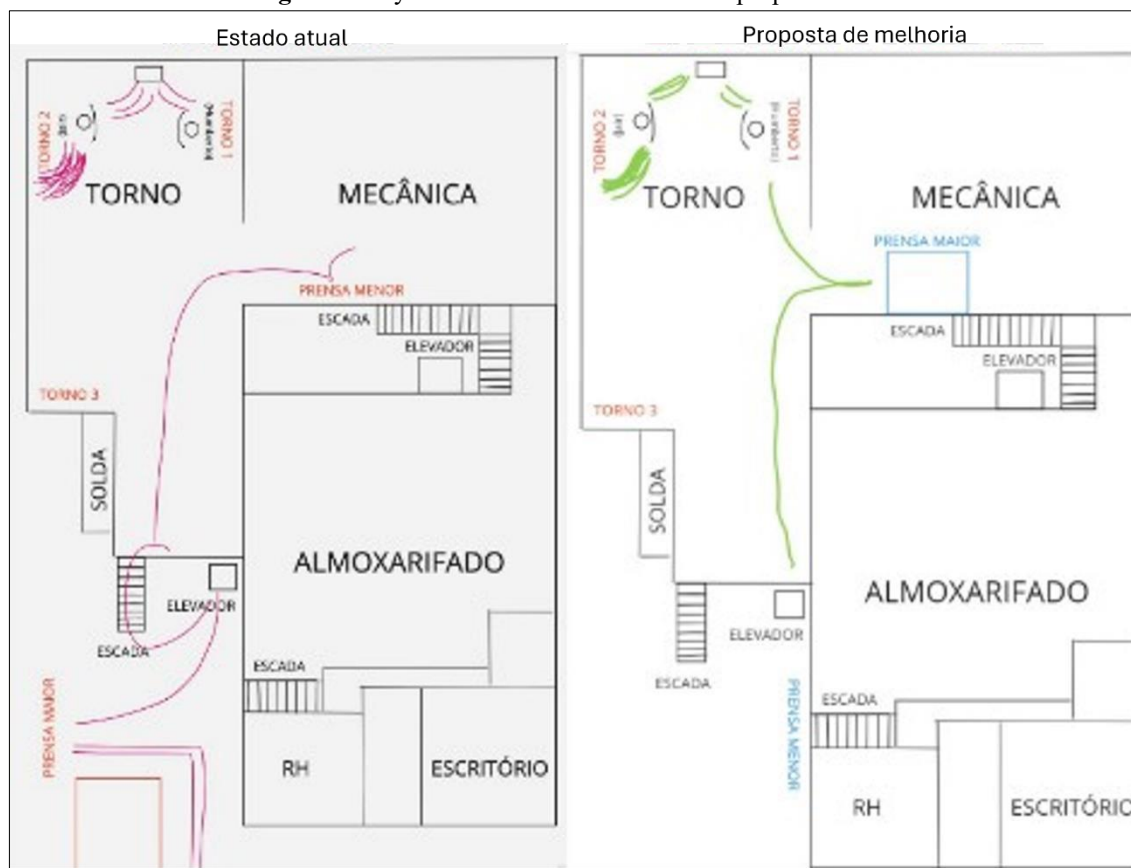
4.2 OPORTUNIDADES ENCONTRADAS COM O DIAGRAMA DE ESPAGUETE

Como mencionado na seção de revisão da literatura, o diagrama de espaguete traz em seu objetivo a identificação de deslocamentos desnecessário no layout fabril. Nessa ferramenta, mede-se o deslocamento do profissional por meio contagem de passos feitos dentro de um intervalo amostral de 10 minutos. Dentro desse intervalo usa-se a medida de 0,7m, sendo equivalente à distância de um passo de um homem adulto de estatura mediana, como critério de medição (DANESHJO, et al, 2021).

A figura 2 abaixo mostra as oportunidades de melhorias no layout considerando a atividade de torneamento, o colaborador andou em média durante os 10 minutos de observação 47 metros, considerando um dia de trabalho o colaborador poderá ultrapassar 2km de deslocamento neste layout, o que sugere uma necessidade de mudança.

Considerando a aproximação das bancadas, o reposicionamento delas, como por exemplo a prensa que foi sugerida colocar na área da mecânica é possível reduzir em até 70% os deslocamentos excessivos no local, evitando a utilização das escadas e do elevador de carga.

Figura 2: Layout torneamento estado atual e proposta futura



Fonte: Próprio autor, 2024.

Para que as melhorias sugeridas sejam implementadas e duradouras faz-se necessário uma cultura de melhoria contínua na empresa e isso passa por reuniões periódicas, treinamentos, maior participação da gestão e engajamento dos colaboradores com o senso de pertencimento e dono.

5 CONCLUSÃO

A combinação da revisão teórica com a aplicação prática das ferramentas Lean, como o 5S e o diagrama de espaguete, em um caso real, permitiu vislumbrar propostas futuras de melhorias com perspectivas de ganhos substanciais como a redução no deslocamento no layout do torneamento em 70%. Desta forma, a pergunta de pesquisa e os objetivos propostos foram alcançados à medida que tanto o referencial teórico foi construído e as visitas foram realizadas.

As propostas elaboradas para a empresa, visam eliminar os desperdícios que, otimizar processos e melhorar qualidade, trazendo uma maior produtividade e maior satisfação dos clientes.

As ferramentas apresentadas são fundamentais dentro do Lean, que constroem uma base sólida para melhorias futuras. Todavia, o sucesso não é um ponto de chegada, mas um ciclo contínuo

de avanços, as melhorias contínuas, com base na mentalidade Kaizen, garantem que as práticas sejam avaliadas, aprimoradas e ajustadas, que se adaptam às mudanças internas e externas.

Por conseguinte, a empresa além de conquistar eficiência operacional, também tem a capacidade de criar e cultivar uma cultura de aprendizado, adaptação e principalmente inovação, capacitando pessoas para uma evolução contínua.

Recomenda-se novos estudos práticos que utilizem ferramentas outras como Análise de Valor Agregado (AVA), Yamazumi, Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) entre outras para novas propostas de melhorias.

REFERÊNCIAS

DANESHJO, Naqib. RUDY, Vladimír. MALEGA, Peter. KRNÁČOVÁ, Paulína. Application of Spaghetti Diagram in Layout Evaluation Process: A Case Study. **TEM Journal**, v. 10, n. 2, 2021. Disponível em: https://www.temjournal.com/content/102/TEMJournalMay2021_573_582.pdf. Acesso em: 03 de nov. 2024.

DESHMUKH, Manish. GANGELE, Anshul. GOPE, Deepak Kumar. DEWANGAN, Saurabh. Study and implementation of lean manufacturing strategies: A literature review. **Materials Today: Proceedings**, v. 62, p. 1489-1495, 2022. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214785322007337>. Acesso em: 25 de out. 2024.

KNOL, Wilfred H. SLOMP, Jannes. SCHOUTETEN, Roel L J. LAUCHE, Kristina. (2019). The relative importance of improvement routines for implementing lean practices. **International Journal of Operations & Production Management**, 39(2), 214-237. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/IJOPM-01-2018-0010>. Acesso em: 26 de out. 2024.

RANDHAWA, Jugraj Singh; AHUJA, Inderpreet Singh. 5S—a quality improvement tool for sustainable performance: literature review and directions. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 34, n. 3, p. 334-361, 2017. Disponível em: <https://www.emerald.com/insight/content/doi/10.1108/ijqrm-03-2015-0045/full/html>. Acesso em: 30 de out. 2024.

SOUZA, Danilo Ferreira de. **Uma avaliação do desempenho de motores elétricos de indução trifásicos comercializados no Brasil entre 1945-2016 e o impacto da legislação brasileira**. 2018. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/106/106131/tde-11072018-185050/publico/Danilo.pdf>. Acesso em: 20 de out. 2024.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON R. **Administração da Produção**. 8 ed. São Paulo: Atlas, 2018.

WOMACK, J P.; JONES, D T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo: a história da produção enxuta - o segredo da Toyota nas guerras globais do automóvel que está revolucionando a indústria mundial**. Rio de Janeiro: Campus, 2004.

WOMACK, J P. JONES, D. T. (2003). **Lean Thinking: Banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Free Press.

YANNOPOULOS, Stavros I. LYBERATOS, Gerasimos. THEODOSSIOU, Nicolaos. LI, Wang. VALIPOUR, Mohammad. TAMBURRINO, Aldo. ANGELAKIS, Andreas N. Evolution of water lifting devices (pumps) over the centuries worldwide. **Water**, v. 7, n. 9, p. 5031-5060, 2015. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/7/9/5031>. Acesso em: 22 de out. 2024.