



FACULDADE PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS – UBÁ
FUNDAÇÃO PRESIDENTE ANTÔNIO CARLOS
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

PEDRO PAULO ROSA DE PAULA

**CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA PARA REUSO DA ÁGUA RESIDUAL NO
LIXAMENTO DE AMOSTRAS METALOGRÁFICAS**

UBÁ

2016

PEDRO PAULO ROSA DE PAULA

**CONSTRUÇÃO DE UM SISTEMA PARA REUSO DA ÁGUA RESIDUAL NO
LIXAMENTO DE AMOSTRAS METALOGRÁFICAS**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Curso Engenharia de Produção da Faculdade
Presidente Antônio Carlos de Ubá, como
requisito parcial para obtenção do título de
Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Ms. Israel Iasbik

UBÁ

2016

Resumo

A escassez de recursos hídricos tem-se agravado nos últimos anos, sendo um problema de amplitude mundial, o que propicia a elaboração de projetos e leis para a resolução desse problema. A água, além de ser um recurso vital, é um insumo utilizado nas mais diversas atividades e indústrias, por isso, deve ser necessário o seu consumo racional. Assim, todas as etapas de processamento podem ser melhoradas por meio de um estudo que seja capaz de identificar os seus pontos críticos, de planejar uma possível solução, de implantá-la e de verificar a sua viabilidade. No ano de 2014 e de 2015, o abastecimento de água na Universidade Federal de Viçosa, campus Viçosa-MG, foi afetado, tendo implicação em sua rotina. Diante da observação dessa conjuntura na universidade, o trabalho foi elaborado com a finalidade de desenvolver um protótipo que permita a transformação da água residual em água de reuso direto planejado na etapa de lixamento do processo de preparação de amostras metalográficas no Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico do DEP/UFV. No qual teve como parâmetro, o conceito de Produção Mais Limpa, que oferece diretrizes para um processamento ecologicamente correto. Dessa forma, foi analisado os resultados obtidos com a execução do protótipo e a sua implicação na economia de água na fase de lixamento do processo de preparação de amostras metalográficas, o que permitiu verificar a sua viabilidade.

Palavras-chave: Protótipo, Reuso da água, Produção Mais Limpa.

Abstract

Water resource scarcity has been worsening in recent years and has been a problem of global proportions, which demands the elaboration of programs and laws aimed at its resolution. Water, besides being a vital resource, is an input used in various activities and industries; therefore, there must be demanded its rational consumption. Thus, all of the process steps might be improved by means of a study capable of identifying its critical points, planning some possible solution, implementing it and verifying its feasibility. In 2014 and 2015, water supply at the Federal University of Viçosa, in the campus of Viçosa (MG), was impaired, with implications for its routine. Noting said situation at the university, a project was elaborated aiming at developing a prototype for the transformation of waste water into water for direct planned reuse at the grinding step in the process of preparation of metallographic specimens at the Metallography and Heat Treatment Laboratory of DEP/UFV. Such work had the parameter of the concept of “cleaner production”, which provides guidelines for an ecologically correct processing. Thus, there were analysed the results obtained from the implementation of the prototype and its implications for water saving at the grinding step in the process of preparation of metallographic specimens, which enabled the verification of its feasibility.

Keywords: Prototype, Water Reuse, Cleaner Production.

1 INTRODUÇÃO

A evolução da qualidade, ocorrida no século passado, levou ao surgimento de várias técnicas para gerenciar a qualidade de processos nas operações de produção. As ferramentas da qualidade tem como objetivo auxiliar o processo de melhoria contínua, com isso, identificando o problema, suas causas, a análise da situação para a eliminação ou redução desta, possibilitando a implantação do sistema e a verificação de seu resultado. Por ser de fácil assimilação e uma eficiente atitude de gestão de comportamento pessoal e corporativo, o processo de melhoramento contínuo pode ser implantado em qualquer atividade por gerar resultados positivos e principalmente acumulativos. (CARPINETTI, 2010)

Umas das filosofias do Total Quality Management – TQM (Gerenciamento Total da Qualidade) define que a Melhoria Contínua é o conjunto de atividades planejadas através das quais todas as partes da organização objetivam aumentar a satisfação do cliente internos e externos. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON 2009)

Criado no Japão após a Segunda Guerra Mundial, quando muitas empresas locais encontram-se em um estado caótico, o modelo de melhoria contínua Kaizen retomou as principais ideias de Fayol e críticas à Administração Clássica na sua teoria, visando uma melhoria quantitativas e qualitativas dentro de um menor intervalo de tempo com o mínimo de investimento financeiro, sendo uma das mais importantes ferramentas aplicáveis em processos, produtos ou serviços. (MARTINS; LAUGEINI, 2005)

Atualmente, com um mercado cada vez mais competitivo, se faz necessário produzir com menor quantidade possível de insumos e maior qualidade dos produtos, o que torna o processo produtivo viável.

A metalografia microscópica estuda os produtos metalúrgicos, com o auxílio do microscópio e tem por objetivo a determinação de seus constituintes, suas formas de apresentação e de sua textura. (COLPAERT, 2008)

A observação metalográfica é um meio bastante poderoso para prever ou explicar as propriedades mecânicas, suas respectivas percentagens, arranjo, processo de fabricação ao qual foi submetido, formato e o comportamento de uma peça metálica, já que permite conhecer a estrutura do material, bem como a morfologia e a distribuição destes. (COLPAERT, 2008)

Os processos de preparação das amostras para observação metalográfica, apesar de elementares, não são simples e são de suma importância para o resultado final da metalografia. (MANNHEIMER, 2002)

No lixamento de amostras, que é uma etapa da Metalografia, é efetuado o uso sucessivo de lixas d'água com a lubrificação de água corrente. A água também age no sentido de remover detritos abrasivos que minimiza a tendência de embutir partículas na matriz da amostra, sendo esta fonte frequente de artefatos. (MANNHEIMER, 2002)

O princípio básico da metodologia de Produção mais Limpa (P+L) é eliminar a qualquer tipo de poluição durante o processamento de produtos, não somente em sua fase de expedição final. (BARBIERI, 2016)

O tratamento da água no processo de lixamento é essencial. Ele tem por finalidade transformar a água residual em água de reuso direto planejado por meio da implantação de um sistema fechado composto de filtração, sedimentação e decantação, de detritos oriundo deste processo.

O dimensionamento hidráulico de sistemas de tubulação pode admitir inúmeras soluções de cálculo, bem como alternativas de projeto. Isso permite uma maior flexibilização e atendimento de situações específicas. (FIALHO, 2011)

O trabalho tem por objetivo projetar, fabricar e implantar um sistema de reuso direto planejado da água residual na etapa de lixamento do processo de preparação de amostras metalográficas e posteriormente identificar a relevância da economia no consumo de água no laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico da UFV. Através da criação de uma comissão multidisciplinar orientada pela proposta da Produção Mais Limpa (P+L).

O estudo se justifica, pois a melhoria contínua se faz necessária, a partir de Crono-Análise realizada durante aulas de MEC 211 e MEC 110, atividades de Pesquisas e Extensão realizadas no Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico – DEP/UFV no ano de 2015, resultando em um volume considerável de água residual oriunda do processo de lixamento de amostra metalográficas. Com o advento da crise hídrica, a implantação de um protótipo capaz de reduzir o volume de água residual, projetado corretamente, diminui o consumo de água nos laboratórios da UFV junto a redução de custos laboratoriais.

2 DESENVOLVIMENTO

2.1 Referencial teórico

“Nos anos de 2014 e 2015 as notícias sobre a crise de abastecimento de água ganharam grande notoriedade nas mídias. A carência de chuvas associada aos baixos níveis dos reservatórios evidenciou a necessidade da redução do consumo de água.” (CAMPOS; COELHO, 2015, p. 3)

Neste mesmo período, a Universidade Federal de Viçosa – campus Viçosa – deparou-se com problemas decorrentes da escassez de água em todo o território nacional. A Divisão de Água e Esgotos (DAG/PAD) alertou constantemente a comunidade acadêmica sobre o período crítico de oferta de água no manancial o que acarretaria sérios riscos de comprometimento de abastecimento de água no campus Viçosa-MG, chegando à iminência do cancelamento do calendário letivo, bem como todas as atividades realizadas no campus local.

A Bacia Hidrográfica do Ribeirão São Bartolomeu localizada na região da Zona da Mata do estado de Minas Gerais tem aproximadamente 3000 ha, possui cerca de 440 nascentes, sendo de suma importância para a cidade de Viçosa – MG, bem como para a UFV já que esta bacia é responsável tanto pelo abastecimento da cidade quanto da universidade que capta seu insumo para atividades de pesquisa, ensino e extensão. (SILVA, 2006)

A FIG. 1 mostra a situação da principal represa de água a ser tratada da Universidade Federal de Viçosa na data de 09/09/2015.

FIGURA 1 – SITUAÇÃO DA REPRESA DA UFV DE ÁGUA A SER TRATADA



Fonte: Próprio autor

Nas últimas décadas destacou-se a intensificação e fortalecimento das pressões sociais almejando não somente mudanças e maior transparência das decisões governamentais sobre a utilização dos recursos orçamentários, mas, também a otimização da qualidade dos gastos. Para isto, foram realizadas mudanças importantes no método utilizado para medir tais custos, em diversos países, como medida de ação às exigências globais de preservação da responsabilidade fiscal. (REZENDE; CUNHA; BEVILACQUA, 2010).

“O desperdício pode ser definido como qualquer atividade que não agregue valor” (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 456). A identificação dos desperdícios deve ser feita em toda cadeia produtiva de uma organização, desde a recepção da demanda passando por todas as etapas do processamento até a disponibilização no mercado consumidor final.

O desperdício pode ser identificado nas organizações em todas as etapas de transformação da matéria prima em produto final acabado, cerca de 95% do tempo de uma empresa é destinado à realização de atividades que não criam valor. Os desperdícios, além de consumirem tempo de processamento de produtos e/ou serviços são diretamente responsáveis pelos gastos abusivos de recursos disponíveis, fazendo com que os produtos oriundos destes processos tornem-se mais custosos à organização. Uma das estratégias mais adotadas pelas organizações é de atribuir este custo ao preço final durante a sua disponibilização aos clientes. (PINTO, 2007)

2.1.1 Necessidade do reuso da água na etapa de lixamento

“A reciclagem ou reuso de água não é um conceito novo na história do nosso planeta. A natureza, por meio do ciclo hidrológico, vem reciclando e reutilizando a água há milhões de anos, e com muita eficiência.” (HESPANHOL, GONÇALVES, 2005, p. 15)

Ninguém conhece um processo tão bem quanto a pessoa que o realiza. Os funcionários que fazem a operação são os que a conhecem melhor, de forma que não apenas possuem experiência, mas também são em suma os mais afetados pelas mudanças ocorridas, portanto o trabalho feito isoladamente não agrega valor, experiência e nem desenvolve aprendizagem. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009)

Nos anos seguintes à Revolução Industrial Ohno e sua equipe focaram em desenvolver tarefas que envolviam os membros das equipes, melhorando a comunicação entre eles, logo, as ideias começaram a surgir de forma a iniciar uma melhoria geral dentro da organização. Os custos com a produção foram reduzidos, através de técnicas desenvolvidas pelos trabalhadores, troca de moldes que nas fábricas de produção em massa levavam dias ou semanas, no novo sistema era realizado em poucos minutos. O novo sistema criado se encaixou como uma luva, moldando-se às necessidades da época que, aparentemente são as mesmas dos dias atuais. O mercado concorrido e fragmentado requer técnicas de gerenciamento que integram a empresa, não a dividam em setores e departamentos isolados. (SANTOS, 2003)

2.1.2 Melhoria de Processo

Todas as operações mesmo quando bem gerenciadas, são passíveis de melhorias. Na verdade nos últimos anos a ênfase tem mudado de forma marcante para tornar as melhorias uma das atividades principais dos gerentes de operações. (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009)

“O termo Kaizen é formado a partir de KAI, que significa modificar e ZEN, que significa para melhor.” (MARTINS; LAUGEINI, 2005, p. 465)

Introduzido na administração em meados da década de 80 por Masaakimai, o Kaizen é uma técnica japonesa que tem sido imensamente associada à ideia de melhoria contínua, não somente nas atividades produtivas, mas também vida social. Assim como o Just in time, a ideologia inicial do Kaizen evoluiu para uma filosofia organizacional e comportamental voltada à melhoria contínua com foco na eliminação de desperdícios e perdas em todo o processo produtivo dentro da cadeia de suprimentos, amparadas por duas premissas básicas: melhoria e

continuidade; compreendida como qualquer atividade de mudança para melhor e ações permanentes de mudanças, respectivamente. (MARTINS, LAUGEINI; 2005)

2.1.3 Água Residual

“A contaminação das águas superficiais ocorre principalmente nas grandes cidades, onde, depois de consumida nas residências e indústrias, a água de abastecimento é denominada de água residual, a qual também é chamada de efluente ou esgoto.” (SCHWANKE, 2013, p.105)

2.1.4 Reuso Direto Planejado

“Ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso de maior ocorrência, com destino à indústria ou à irrigação.” (TELLES; COSTA, 2010, p. 159)

No atual momento de difícil crescimento econômico, as organizações deveriam buscar ferramentas para aumentar o desempenho da produção, nesse contexto ressalta-se a importância da implantação do sistema eficiente de custo reduzido e ecologicamente correto.

2.1.5 Tratamento Da Água

2.1.5.1 Sedimentação e Decantação

“A sedimentação é um processo físico que separa partículas sólidas em suspensão da água, e é um dos mais comuns no tratamento da água.” (RICHTER 2009, p. 159)

“A sedimentação de partículas flocculantes é usualmente chamada de decantação, e as unidades onde se realiza esse processo, de tanques de decantação ou, simplesmente decantadores.” (RICHTER, 2009, p. 159)

Neste processo de separação de misturas heterogêneas, podendo estas estarem apresentadas na forma de líquidos + líquidos (líquidos imiscíveis) ou, líquido + sólidos, que por diferença de densidade ocorre a separação dos componentes misturados, sendo o componente de menor densidade direcionado a superfície, por este fato esta técnica é denominada física. (RICHTER, 2009)

2.1.5.2 Filtração

“A filtração é o processo pelo qual as substâncias insolúveis são separadas e retidas quando a corrente líquida passa por um meio ou barreira permeável, denominada meio filtrante.” (MIERZWA; HESPANHOL 2005, p. 84).

Método físico destinado a separação de misturas heterogêneas, seja esta uma mistura com sólidos em suspensão no líquido, ou mesmo um componente sólido em meio gasoso. O processo se dá pela passagem da mistura heterogênea através do meio filtrante elemento estes que são responsáveis por reter o particulado sólido pequenos presentes no fluido. (MIERZWA; HESPANHOL, 2005)

O processo de filtragem pode ser considerado – em sistemas de tratamentos de fluidos – de operação cíclica, visto que sua função no processo de reuso direto planejado da água é torna-la novamente propícia a realizar sua função de reduzir consideravelmente o aquecimento durante o processo e remover os resíduos existentes na lixa, oriundos do lixamento. (MIERZWA; HESPANHOL, 2005)

2.1.6 Elementos utilizados no sistema de tratamento

2.1.6.1 Filtro

Filtro é um componente utilizado em sistema Hidráulico com a finalidade de reter qualquer tipo de impureza insolúvel presente no fluido. Estudos comprovaram que mesmo partículas de dimensões reduzidas ocasionando um decréscimo considerável da vida útil de todo o sistema principalmente acelerado pelo processo de deterioração do óleo. Estes são classificados em filtros químicos e filtros mecânicos. (FIALHO, 2011)

“O filtro químico é utilizado em raras ocasiões quando se requer uma limpeza absoluta do fluido, isto é, a anulação da acidez, alcalinidade etc., adquiridas durante um longo intervalo de uso do fluido.” (FIALHO, 2011, p. 113)

“O filtro mecânico é constituído por uma série de “malhas” ou poros. Denomina-se mesh a quantidade de malha existente por polegada linear de filtro.” (FIALHO, 2015, p. 61)

2.1.6.2 Reservatório

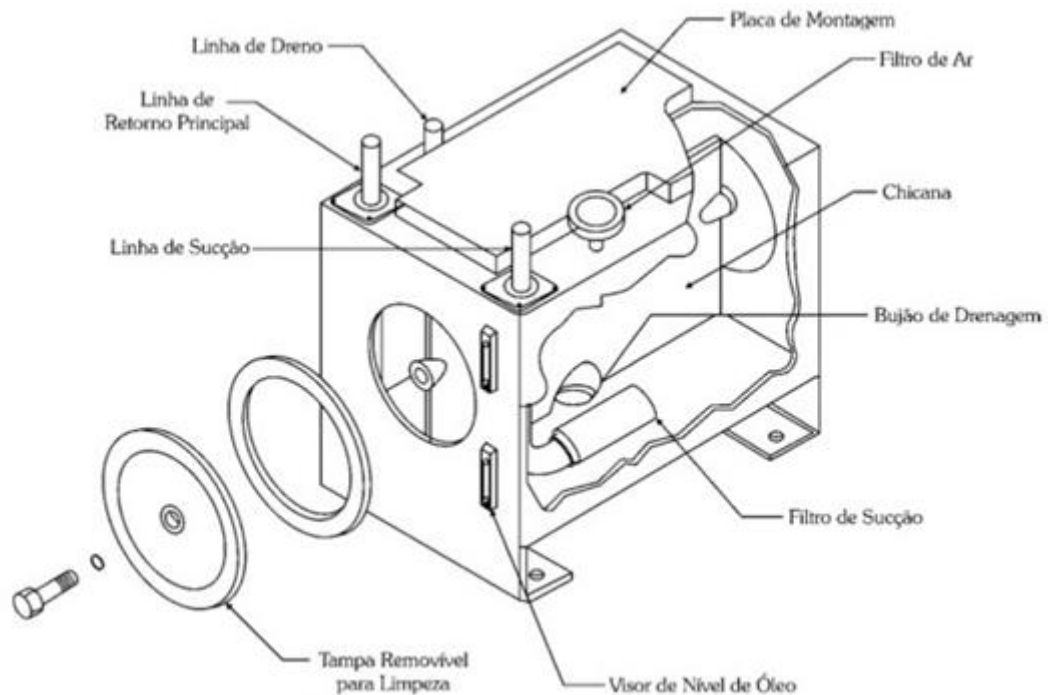
Aparentemente o reservatório deve ser o elemento mais simples de um circuito hidráulico, no entanto, o que ocorre de fato é que por não estar sujeito a nenhum critério prévio de unificação, pode causar muitos tipos de dificuldade quanto ao seu correto dimensionamento e posicionamento de seus elementos e acessórios. (FIALHO, 2011)

A água a ser utilizada em um circuito hidráulico deve ficar armazenada em um reservatório, este deve apresentar características específicas sendo de suma importância a definição do volume do mesmo para que possa atender integralmente a necessidade da demanda do circuito, pois durante a circulação da água no sistema ela sofrera elevações de temperaturas em função do atrito entre o seu deslocamento nas linhas de trabalho. As funções do reservatório se restringem basicamente as do armazenamento do fluido e seu resfriamento por condução e convecção. (FIALHO, 2015)

"O volume de fluido armazenado no reservatório deve ser o suficiente para suprir o sistema por um período de no mínimo três minutos antes que haja o seu retorno, completando um ciclo." (FIALHO, 2011, p. 104).

Assim como o quesito dimensional, existem diversos outros detalhes construtivos que não podem ser descartados. A FIG. 2 ilustra um típico reservatório industrial que deve ser projetado para facilitar a manutenção do fluido, o tanque é construído através de uniões permanentes pelo processo de soldagem de placas de metais com suportes adequados, isolando a unidade do chão onde se localiza. O interior do tanque é pintado com tinta especial para reduzir a ferrugem que possa resultar da condensação de umidade. Essa tinta precisa ser compatível com o fluido usado. (FIALHO, 2015)

FIGURA 2 – Detalhes construtivos do reservatório industrial



Fonte: FIALHO (2015, p.56)

2.1.6.3 Chicanas

Dispositivo em formato de aleta, disposto vertical e/ou horizontalmente dentro de reservatórios destinados a distinguir a linha de sucção da bomba das linhas de retorno dos sistemas hidráulicos. Um dos principais objetivos deste componente é expandir a área de troca térmica do reservatório dispensando a utilização de unidades de trocadores de calor no sistema, possibilitando que a água, ou fluido em questão, fique confinada por mais tempo no interior do reservatório sem que a mesma seja imediatamente sucionada pela linha de trabalho. No sistema hidráulico proposto destaca-se a utilização da chicana para sanar qualquer tipo de turbulência existente no tanque, promover a troca de calor entre o fluido e as paredes do tanque, separar o ar que possa existir no fluido, favorecer o processo de decantação na linha de retorno do fluido. (FIALHO, 2011)

2.1.6.4 Bomba Hidráulica

“A bomba é, sem dúvida, o componente mais importante e menos compreendido no sistema hidráulico. Sua função é converter a energia mecânica em energia hidráulica, provocando o deslocamento do fluido hidráulico no sistema.” (FIALHO, 2015, p. 29)

As bombas hidráulicas são produzidas em tamanhos e formas variadas, aplicações distintas, com vários e complexos sistemas de bombeamento. Entretanto, todas as bombas são classificadas em duas categorias: Hidrodinâmica e Hidrostática. E ainda, ser de deslocamento fixo: quando o deslocamento ocorre através da rotação da própria bomba sem possibilidade de ajuste; e no deslocamento variável existe a opção de ajuste do deslocamento. (FIALHO, 2015)

2.1.7 Produção Mais Limpa

Produção Mais Limpa (cleaner production) ou simplesmente P+L, é um termo usado para definição da utilização de práticas preventivas para a conservação de recursos e gestão ambiental. Esse modelo de gestão foi desenvolvido pela PNUMA (Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente) e pela UNIDO (United Nations Industrial Development Organization) com intuito de instrumentar os conceitos e objetivos do desenvolvimento sustentável. (BARBIERI, 2016)

Este modelo se aplica a processos: através da conservação de matérias-primas, energia e água, eliminação e/ou redução de matérias-primas tóxicas; minimização na fonte geradora, da toxicidade e quantidade das emissões e resíduos gerados. Nos produtos: por meio da minimização dos seus impactos nocivos ao meio ambiente ao longo do seu ciclo de vida, desde a captação da matéria-prima até sua disponibilização aos clientes finais. Nos serviços: pela implementação de questões ambientais, práticas de pensamento verde e ecoeficiência nas etapas de planejamento e execução de projetos. (BARBIERI, 2016). A definição da Produção Mais Limpa (P+L) é vista como:

Produção Mais Limpa significa a aplicação contínua de uma estratégia econômica, ambiental e tecnológica integrada aos processos e produtos, a fim de aumentar a eficiência no uso de matérias-primas, água e energia, através da não geração, minimização ou reciclagem de resíduos gerados, com benefícios ambientais e econômicos para os processos produtivos. (BARBIERI, 2016, p. 100 apud CNTL/Senai-RS, 1999)

Dentre os objetivos da adoção da produção mais limpa na etapa de lixamento de amostras metalográficas podemos destacar os seguintes pontos:

- Promover e manter a boa imagem do Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico do DEP-UFV, perante a PAD-UFV e poder público geral servindo de referência para outros Laboratórios existentes na UFV bem como para instituições de ensino distintas e Laboratórios de Metalografia e empresas que possam implantar este mesmo sistema de tratamento de águas residuais
- Conscientizar e sensibilizar os discentes quanto às práticas de implantações de sistemas sustentáveis incentivando a inovação de processos, atualizando o departamento de acordo com as exigências atuais, alertando-os à escassez de recursos hídricos
- Aumentar a eficiência do processo, pela racionalização da utilização de insumos e diminuir a geração de resíduos permitindo a obtenção de indicadores de eficiência, documentar, manter e evidenciar os resultados obtidos.

A Produção mais Limpa apresenta inúmeras vantagens, dentro destas os seguintes quesitos:

- Melhora o relacionamento com órgãos ambientais, com a mídia e com a comunidade acadêmica, através minimização das infrações aos padrões ambientais previstos na legislação
- Redução dos custos operacionais e consequente aumento da eficiência do processo e melhoria da imagem do Laboratório perante os usuários e poder público geral

A partir da implantação do protótipo no laboratório almeja-se os seguintes benefícios – tomando o método de produção mais limpa como diretriz – no que diz respeito ao processo de preparação de amostras metalográficas

- Reutilização de Água Residuais,
- Diminuição drástica no consumo de água no Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica, consequentemente na UFV

Já para as amostras metalográficas – produto da preparação metalográfica- será conferido os seguintes termos:

- Ecodesign e Marketing Verde;
- Redução dos custos indireto de produção diminuição de riscos e desperdícios.

2.2 MATERIAIS E MÉTODOS

2.2.1 Metodologia

No processo de preparação de amostras metalográficas um corpo de prova é cortado através de uma cortadora metalográfica, esta dotada de um disco abrasivo e com abundância de fluido de corte para lubrificar e refrigerar o processo preservando as propriedades da amostra, a partir do corte realizado ela é conduzida ao processo de embutimento no qual se faz uso de uma embutidora metalográfica que aquece e comprime o baquelite tornando a amostra propícia as etapas subsequentes. (MANNHEIMER, 2002)

Após o embutimento, inicia-se o processo de lixamento das amostras metalográficas, no qual se faz o uso sucessivos de lixas d'água abrasivas graduando a granulometria destas, neste processo utiliza-se a água corrente com a finalidade de remover os detritos de metal e baquelite oriundos deste processo. Posteriormente inicia-se a etapa do polimento, onde a amostra é encaminhada a uma politriz metalográfica e com uso de panos de polimento e alumina em suspensão, a superfície da amostra é polida e encaminhada ao microscópio óptico onde se realizam as capturas de imagens da amostra. (MANNHEIMER, 2002)

Identificando-se o tipo de material pode-se definir qual será o reagente químico utilizado para revelação de sua microestrutura bem como o tempo que a amostra ficará imersa nesta solução. Retorna-se ao microscópio a fim de capturar as imagens posteriormente ao ataque químico e realizar-se o estudo metalográfico. (MANNHEIMER, 2002)

O desperdício de recurso, no caso a água, é causado pelo não reaproveitamento da mesma na etapa de lixamento, sendo esta descartada em pias do laboratório de Metalografia e Tratamento Térmicos – DEP/UFV.

No decorrer do ano de 2015, foram realizadas medidas aleatórias da vazão de saída das 3 lixadeiras metalográficas manuais, dispostas em série, durante o período de realização das disciplinas de MEC 110 e MEC 211 com o intuito de constatar o volume de água desperdiçado nesta etapa. Para o cálculo foi utilizado um béquer de vidro com capacidade de 500 ml, e um cronômetro digital para captar o tempo gasto para atingir o volume do béquer mencionado.

A FIG. 3 ilustra o método utilizado para mensurar a vazão de saída de água residual durante o processo de lixamento de amostras metalográficas, o registro foi realizado durante aula da disciplina MEC 110 INTRODUÇÃO ÀS CIÊNCIAS DOS MATERIAIS no dia 02/09/2015.

FIGURA 3 – Método para mensurar o volume de água residual oriundo do processo de lixamento



Fonte: Próprio autor

Constatou-se que a vazão média da água residual foi de 2,2670 l/min, a partir disto foi elaborado um estudo de viabilidade de implantação de um sistema capaz de transformar a água residual em água de reuso direto planejado, amparado pela filosofia Kaizen e conceitos da Produção Mais Limpa (P+L).

A proposta do projeto é a construção e implantação de um protótipo para reaproveitar cerca de 100 % da água residual criando-se um sistema fechado e cíclico, através do tratamento e condução da água pelos tubos e conexões.

As perdas, que não propiciam o perfeito alcance do reaproveitamento da água (100%), são devido a vaporização durante a etapa do lixamento por ocorrer o aumento gradativo da temperatura da amostra metálica, eventuais vazamentos nos tubos e conexões ou mesmo durante a operação nas lixadeiras manuais, este devido à métodos equivocados de utilização das mesmas.

Criou-se uma comissão composta por Discente, Técnico em Mecânica, Engenheiro Ambiental, Engenheiro Eletricista e o Coordenador do Laboratório para elaboração de um quadro com os requisitos almejados pelo projeto e posteriormente classificamos os requisitos em: Indispensável, Desejável e Desnecessário.

QUADRO 1 – Classificações dos requisitos pela comissão

Projeto de Transformação da Água residual em Água de Reuso Direto Planejado na etapa de Lixamento no Processo de Preparação de Amostras Metalográficas		
Classificação	Requisitos	Comissão
	1. OPERACIONAL	Discente: Pedro Paulo Rosa de Paula Coordenador do Laboratório: Prof. Charles da Silva Engenheiro Ambiental: Mauro Henrique Batalha Engenheiro Eletricista: Nery Corrêa Técnico em Mecânica: Altair Dias
Indispensável	Preservação da metodologia já utilizada	
Desejável	Baixo Ruído	
Desejável	Simples Manuseio	
Desejável	Fácil Manutenção	
Indispensável	Projetar todo o sistema	
Desejável	Implantar o sistema no Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico DEP/UFV	
Desnecessário	Manter a pressão de entrada da água nas Lixadeiras Manuais	
	2. GEOMETRIA	
Desejável	Proporcional ao espaço disponível no Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico do DEP/UFV	
Desnecessário	Proporcional ao espaço disponível no novo Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico do futuro departamento	
	3. CAPACIDADE	
Indispensável	Atender integralmente a demanda das atividades de ensino, pesquisa e extensão	
Desnecessário	Operar sem a utilização de energia elétrica	
Desejável	Autonomia de trabalho	
	4.FABRICAÇÃO	
Desejável	Utilização de componentes já existentes no DEP/UFV	
Desejável	Reutilização de equipamentos	
Desejável	Compra de Materiais não existente	
Desejável	Utilização de materiais reciclados	
	5. CUSTO	
Indispensável	Baixo custo de Projeto	
Desnecessário	Baixo custo de Implantação	
Desejável	Baixo custo de Manutenção	

Fonte: Próprio autor

Tomando como referência a QUADRO 1, foi iniciado o processo de projeto, fabricação e implantação do sistema no Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico. Um protótipo adaptativo de componentes já existentes e principalmente conhecidos, para uma nova finalidade, preservando principalmente seu princípio básico de funcionamento. Através destes buscaram-se soluções eficientes e satisfatórias para sanar o problema do desperdício de água residuais na etapa de lixamento, de forma precisa e com baixo custo de projeto.

O sistema hidráulico é projetado para servir aos usuários do laboratório em geral - discentes, docentes, servidores e toda a comunidade acadêmica em atividades de ensino pesquisa e extensão – por este motivo é de suma importância considerar a opinião de todos os envolvidos, pois seus requisitos devem ser integralmente satisfeitos para um perfeito funcionamento do sistema.

Após o levantamento dos requisitos do projeto, realizou-se um estudo visando a maneira com que as demandas deveriam ser atendidas. Nesta etapa, um dado foi tratado como entrada, transformado em informação e processado até que tornou-se conhecimento, diminuindo as interferências pessoais/individuais durante todo processamento até que transformou-se em uma saída desejada. A maneira como o sistema funciona é utilizada como um recurso para promover maior clareza e evidenciar o problema de forma a contribuir com o desenvolvimento de sua solução viável, entre as diversas possibilidades de combinações e recombinações que o trabalho exige, são apresentadas diversas formas para a elaboração do projeto.

2.2.2 Materiais

2.2.2.1 Estrutura de Sustentação do Reservatório

Para a fabricação da estrutura de sustentação do reservatório superior, foram empregadas máquinas e ferramentas eletromecânicas em geral, usadas em processos de soldagem, corte, medições, alinhamentos e etc. Seguem nas ilustrações abaixo, representadas pelas figuras 4, 5 e 6.

FIGURA 4 – Fonte de Soldagem Elétrica



Fonte: Próprio autor

FIGURA 5 – Serra Policorte 14" / 2000 W / 220 V Skill



Fonte: Próprio autor

FIGURA 6 – Régua Graduada



Fonte: Próprio autor

2.2.2.2 Reservatórios

Para estes componentes foram utilizados um reservatório de 55 litros, dotado de duas chicanas verticais que se encontrava em desuso no DEP/UFV sendo denominado reservatório inferior. Já para o reservatório superior, foi reaproveitado uma bombona de 50 litros descartada em um Posto de gasolina, conforme figuras 7 e 8.

FIGURA 7 – Reservatório Inferior



Fonte: Próprio autor

FIGURA 8 – Reservatório superior



Fonte: Próprio autor

2.2.2.3 Lixadeira Metalográfica Manual

Foram aproveitadas as 3 (três) Lixadeiras Metalográficas Manuais existente no Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico DEP/UFV, conforme ilustra a FIG. 9.

FIGURA 9: Lixadeiras Manuais



Fonte: Próprio autor

2.2.2.4 Bomba Hidráulica

Para sucção da água do reservatório inferior para o superior foi utilizado uma Bomba Pressurizadora, com capacidade máxima de 5,1 litros por minuto, pressão: 60 PSI, Tensão: 12 V, Corrente 2.1 Ampers e Potência: 25,2 W, conforme FIG.10.

FIGURA 10 – Bomba Pressurizadora



Fonte: Próprio autor

2.2.2.5 Fonte de Alimentação

Para o funcionamento da bomba utilizou-se uma Fonte de Alimentação Regulável de Corrente Contínua, MINIPA MPS-303D, mantendo a tensão de 12 V de saída para a Bomba Pressurizadora, conforme FIG. 11.

FIGURA 11 – Fonte de alimentação regulável



Fonte: Próprio autor

2.2.2.6 Tubos, Mangueiras, Conexões Hidráulicas e Boia

Foram adquiridos 2,5 metros de tubo PVC Soldado de $\frac{1}{2}$ "; 1(uma) unidade de joelho em PVC Soldado 90 x $\frac{1}{2}$ ", 1 (uma) luva em PVC Soldado $\frac{3}{4}$ "; 1 (uma) Bucha de Redução Soldado $\frac{3}{4}$ " x $\frac{1}{2}$, 1 (um) conjunto de mangueira com joelho soldado 2,8 cm x 1,8 m; 3 (três) metros de mangueira transparente; 1 (um) flange soldável; 2 (duas) abraçadeiras roscada sem fim metálicas 19 x 27 mm, de acordo com as figuras 12, 13 e 14, chave boia elétrica.

FIGURA 12 – Chave de Boia Elétrica



FONTE: Próprio autor

FIGURA 13 – Conjunto de Mangueira com joelho, Abraçadeiras, Cano e Cola Fixadora de PVC



Fonte: Próprio autor

FIGURA 14 – Flange, Joelho, Mangueira e Redução



Fonte: Próprio autor

2.2.2.7 Sistema Montado em Operação

Após a montagem dos componentes e correta implantação do sistema iniciou-se a operação com o intuito de monitorar possíveis anomalias durante a operação, bem como verificar os resultados, conforme FIG. 14.

FIGURA 14 – Sistema em funcionamento



FONTE: Próprio autor

2.3 Resultado e Discussão

A comissão realizou diversas reuniões no decorrer de cada etapa do projeto com o intuito de discutir ideias para o desenvolvimento do sistema, que tiveram como referência os requisitos do QUADRO 1. Neste momento, surgiram diversas opiniões divergentes, mas na etapa de implantação e funcionamento do protótipo foram identificadas as mais adequadas pelo motivo da comissão sempre almejar as decisões mais eficientes para a elaboração deste.

A TAB. 1 indica a estimativa de uso do laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico no processo de Preparação de Amostras Metalográficas, a partir desta obtivemos uma base da demanda na etapa de Lixamento.

TABELA 1 – Período de Utilização do Laboratório para Preparação de Amostras Metalográficas

Utilização do Laboratório para Preparação de Amostras Metalográficas			
Período	Atividade (horas)		
	MECC 110 / MEC 211	Pesquisa / Extensão	Total
Semanalmente	8	3	11
Mensalmente	32	12	44
Semestralmete	128	48	176
Anualmete	128	96	224

Fonte: Próprio autor

Evidenciou-se a necessidade de redução no consumo da água através dos dados obtidos na TAB. 2, que apresenta o volume em litros, de água residual oriunda do processo de Lixamentos de Amostras Metalográficas. Os cerca de 47879,09 litros de água foram julgados como excessivo pela comissão, que enxergou no protótipo uma alternativa de redução drástica deste volume de água.

TABELA 2 – Volume de água residual

Utilização do Laboratório para preparação de Amostras Metalográficas			
Período	Atividade / Litros de água residual		
	MECC 110 / MEC 211	Pesquisa / Extensão	Total
Semanalmente	1088,16	408,06	1496,22
Mensalmente	4352,64	1632,24	5984,88
Semestralmete	17410,56	6528,96	23939,52
Anualmete	34821,12	13057,92	47879,04

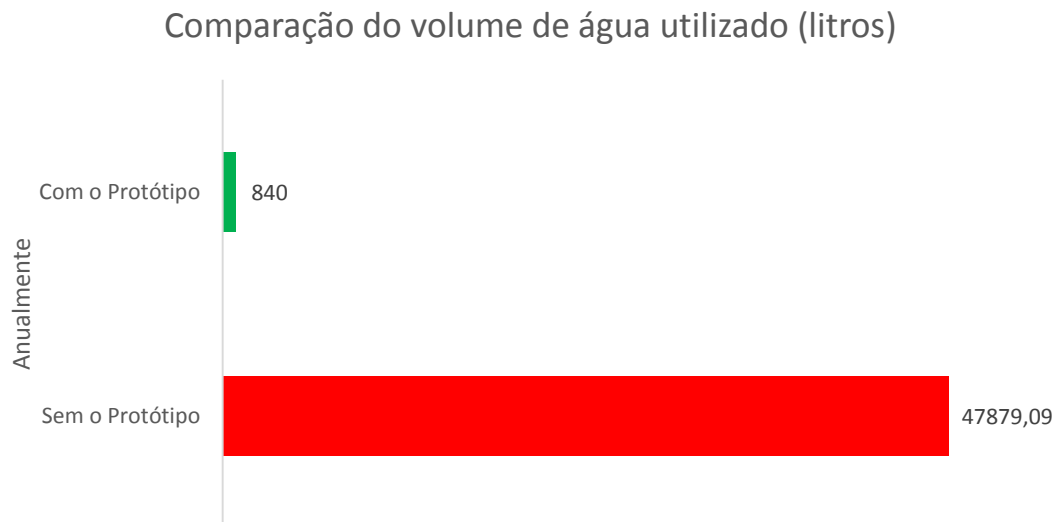
Fonte: Próprio autor

Pelo método de amostragem do trabalho estimou-se o tempo de lixamento necessário para que a bomba entrasse em funcionamento, para este cálculo foram realizados 10 (dez) ensaios consecutivos com operação nas 3 (três) lixadeiras existentes no laboratório, sendo o resultado médio igual a 6:38 min. ($\pm$ 2:37 min), cerca de 15 litros, restando ainda aproximadamente 35 litros de água no reservatório superior, a ser utilizada. A tolerância ocorreu devido a variação do posicionamento da chave boia de contato elétrico dentro do reservatório superior.

A partir do mesmo método estimou-se o tempo que a bomba pressurizadora necessita para encher o reservatório superior com as mesmas condições do ensaio anterior, obtendo o resultado igual a 20:21 min ($\pm$ 3:24 min).

O GRAF. 1 mostra a discrepância do volume de água utilizado durante o processo de Lixamento na Preparação de Amostras Metalográficas, este compara a utilização ou não do protótipo, considerando o volume necessário para seu funcionamento do protótipo igual a 105 litros (reservatórios superior e inferior completamente cheio) e a necessidade de troca desta água mensalmente.

GRÁFICO 1 – Comparativo do volume de água



FONTE: Próprio autor

3 CONCLUSÃO

Na fase inicial do projeto, identificou-se a necessidade de projetar, fabricar e/ou adquirir componentes não existentes no DEP/UFV e implantar um protótipo capaz de reduzir drasticamente o volume de água residual oriundo da etapa de Lixamento de amostras no processo de Preparação de Amostras Metalográficas. Paralelamente este serviria como ferramenta de conscientização e sensibilização da comunidade acadêmica ao problema de escassez de recursos hídricos, não somente na UFV, mas em todo o território nacional. Para isto uma comissão multidisciplinar foi criada com o intuito de satisfazer integralmente a demanda.

O projeto proporcionou a obtenção de um mecanismo simples, que não modificou a metodologia de funcionamento já existente, com baixo índice de manutenção e de custo reduzido por utilizar recursos, máquinas, equipamentos e instalações existentes no DEP/UFV, atendendo à maioria dos requisitos desejados. A classificação da comissão auxiliou a tomada de decisão em todas as etapas do projetos, esta orientada pelo conceito de Produção mais Limpa.

O ruído oriundo do funcionamento da bomba pressurizadora foi o maior empecilho encontrado, capaz de afetar todos os usuários do laboratório. O volume de água gasto bem como o tempo de lixamento das amostras aproxima-se do real pela técnica da amostragem do trabalho, no entanto sugere-se a implantação de hidrômetro no Departamento de Engenharia de Produção e Mecânica – UFV para precisar o volume de água economizado. O protótipo deve ser melhorado esteticamente para a perfeita implantação no Laboratório de Metalografia e Tratamento Térmico – DEP/UFV.

O projeto se mostrou eficiente na solução do problema. Contudo algumas melhorias devem ser realizadas no protótipo, a fim de torná-lo totalmente viável à implantação não somente no laboratório do DEP/UFV, mas nos demais laboratórios e empresas que realizam esta atividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARBIERI, José Carlos. **Gestão ambiental empresarial: conceitos, modelos e instrumentos**. 4.ed. São Paulo: Saraiva, 2016. 312 p. *apud* CNTL/Senai-RS,1999.

CARPINETTI, Luis Cesar Ribeiro. **Gestão da Qualidade: Conceitos e Técnicas**. 1.ed. São Paulo: Atlas, 2010. 241 p.

COELHO, Irina Berbert Vidal Inácio; CAMPOS, Pedro Vinícius. **A qualidade do gasto público como ferramenta de enfrentamento à crise hídrica de 2015 em Minas Gerais in CONGRESSO CONSAD DE GESTÃO PÚBLICA**, 8, 2015, Brasília, Brasília: CONSAD, 2015

COLPAERT, Hubertus. **Metalografia dos produtos siderúrgicos comuns**. 4. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 2008.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automatismos hidráulicos: princípios básicos, dimensionamentos de componentes e aplicações práticas**. São Paulo: Érica, 2015. 112 p.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação hidráulica: projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. 6. ed. rev. e atual. São Paulo: Érica, 2011. MANNHERIMER, Walter A. **Microscopia dos Materiais**. Rio de Janeiro: E-papers Serviços Editoriais, 2002. 221p.

HESPAHOL, I.; GONÇALVES, O. M. **Manual de conservação e reúso de água para a indústria**. Disponível em: <<http://www.fiesp.com.br/publicacoes/pdf/ambiente/reuso.pdf>> Acesso em: 28/08/2016.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2.ed. rev. aum. e atual. São Paulo: Saraiva, 2005.

MIERZWA, J. C.; HESPAHOL, I. **Água na indústria: uso racional e reúso**. São Paulo: Oficina dos Textos, 2005

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: UnicenP, 2007. 750 p.

PINTO, Eder Paschol (Org.). **Gestão empresarial: casos e conceitos de evolução organizacional**. São Paulo: Saraiva, 2007.

RICHTER, Carlos A. **Água: métodos e tecnologia de tratamento**. São Paulo: Blucher, 2009

REZENDE, F.; CUNHA A.; BEVILACQUA R. Informações de custos e qualidade do gasto público: lições da experiência internacional. **Revista de Administração Pública**, Rio de Janeiro v.44, n.4, p. 959-992, jul./ago. 2010

SANTOS, C. A. **PRODUÇÃO ENXUTA: UMA PROPOSTA DE MÉTODO PARA INTRODUÇÃO EM UMA EMPRESA MULTINACIONAL INSTALADA NO BRASIL**. 2003. 233 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Departamento de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2003.

SILVA, Z. S. **Bairro Paraíso – Viçosa (MG)**: uma análise da situação da Mata Ciliar. 2006. 38 f. Monografia (Graduação em Geografia) – Centro de Ciências Humanas, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2006.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3.ed. São Paulo: Atlas, 2009. 703 p

TELLES, D. D.; COSTA, R. H. **Reúso da água: conceitos, teorias e práticas**. 2.ed. São Paulo: Blucher, 2010.