

AUMENTO DA DISPONIBILIDADE DE UMA LINHA DE PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA FARMOQUÍMICA – UM ESTUDO DE CASO

Daniel Leal Ribeiro¹
Reinaldo Nascimento Silva¹
Victor Martins Batista¹
Sérgio Mateus Brandão²

Resumo

Nas indústrias existem vários motivos para paradas, estas podem ir desde uma atividade laboral a troca de turno e até uma parada para manutenção seja ela semanal ou mensal. Tais paradas podem ser prejudiciais para as empresas, já que algumas delas trabalham no limite de sua produção, levando à sua perda e ao acúmulo de atividades. Este trabalho tem por objetivo o estudo de caso, onde o foco foi aumentar a disponibilidade de uma linha de produção, da indústria farmoquímica, a partir da redução das horas do plano de manutenção de fluxos laminares de ar sanitário. Fluxo Laminar, é a definição de um padrão de fluxo de ar que se movimenta em sentido unidirecional e velocidade constante. Quando o ar é filtrado por filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filter*), um ambiente ultra limpo é formado. Para tanto foi necessário o estudo do processo, por meio deste identificada a oportunidade de ganho na etapa de filtração do ar. A partir do custo e da capacidade de armazenamento de carga de cada filtro, foi especificado um filtro que possibilitou a redução da quantidade de trocas por mês, tornando a área mais disponível para suas operações. Foram avaliadas a viabilidade técnica e econômica da substituição dos filtros empregados atualmente, por filtros que possuem uma capacidade de armazenamento de carga maior, mediante análises dos certificados dos filtros, que são testados com base nas normas técnicas da ASHRAE e testes de campo para determinar a quantidade de partículas que foram retidas. Os resultados deste comprovam que os filtros com capacidade de armazenamento de carga maior, são mais viáveis para a estratégia de manutenção em relação aos filtros que possuem uma capacidade menor.

Palavras-Chave: Plano de manutenção, Disponibilidade de linha, Filtros.

INCREASE IN THE AVAILABILITY OF A PRODUCTION LINE IN THE PHARMOCHEMICAL INDUSTRY - A CASE STUDY

Abstract: Currently there are a lot of reasons for sudden stops in industries: since laboral activity or changing turns til a weekly or monthly maintenance. Such suddenly stops can be harmful to an industry, since some of them work at the edge of their production, leading them to loss production and get more activities that they can endure. This article aims to study the case where the focus is to increase the availability of a production line of the pharmaceutical industry from the reduction of the hours of the maintenance plan of laminar flows of sanitary air. Laminar Flow is an air flow pattern that moves in a unidirectional way and at a constant speed. When air is filtered by High Efficiency Particulate Air Filter an ultra clean environment is formed; for this it was necessary to study the process and through this, identify the opportunity of gain in the stage of air filtration. From the data collected, a filter was specified with an increase of the load storage capacity that allowed the reduction of the stop times for exchange. The technical and economical viability were evaluated by the filters used nowadays for filters that have a higher load storage capacity through filter certificate analyzes which are tested based on ASHRAE technical standards and field tests. The estimated results prove that filters with larger load storage capacity are more feasible than filters having a lower capacity.

Keywords: Maintenance plan, Line availability, Filters.

¹Graduando (Engenharia Mecânica, UniEvangélica, Centro Universitário de Anápolis, Brasil). daniel7leal@hotmail.com, nascimentoreinaldo02@gmail.com, victor6358@hotmail.com

²Mestre (Engenharia Mecânica, UniEvangélica, Centro Universitário de Anápolis, Brasil). sergio.brandao@unievangelica.edu.br

1. Introdução:

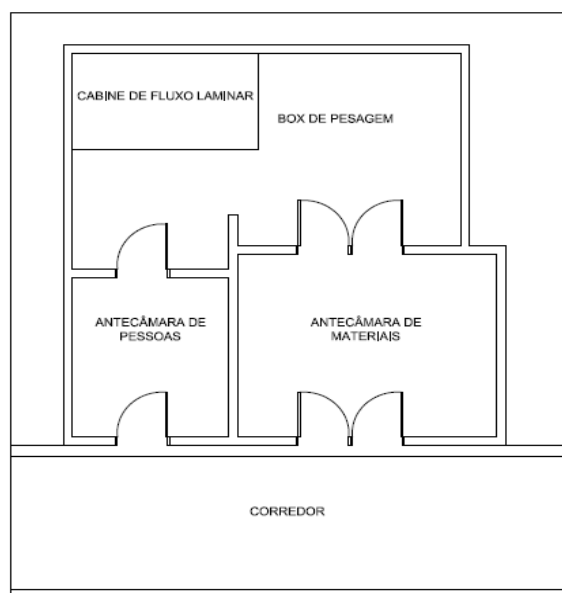
Baseando-se numa situação real, onde o setor de pesagem de matéria prima possui a demanda maior que a sua capacidade operacional, observou-se a indisponibilidade por parte das manutenções realizadas nos sistemas de ar acarretam grande impacto na produtividade do setor, havendo a necessidade de um planejamento mais sólido.

Uma das oportunidades encontradas para a redução da indisponibilidade do setor, é a redução da elevada quantidade das trocas de filtros grossos, classificados como G4, por cabines de pesagem. Cada cabine possui quatro filtros grossos, que devem ser trocados uma vez por semana, o setor possui dezessete cabines de pesagem. Para trocar os quatro filtros de cada cabine de pesagem é necessário trinta minutos, gerando um plano de manutenção de trinta e quatro horas mensais.

O filtro grosso está localizado na parte inferior do equipamento, onde o ar é aspirado para ser filtrado e insuflado novamente na cabine. Esse filtro é o primeiro a ter contato com a matéria, ou seja, ele é responsável por filtrar as partículas mais grossas, de modo a proteger os demais filtros posteriores.

A figura 1, representa a localização da cabine de fluxo laminar em relação ao meio externo. É possível notar que para ter acesso ao box de pesagem, sala onde fica a cabine, devemos adentrar por um corredor, já sendo classificado como área limpa, e passar por uma antecâmara. A antecâmara é o local onde o responsável por manusear a matéria prima deve se paramentar para adentrar o fluxo laminar, pois essa área tem uma classificação mais rigorosa quanto a quantidade de partículas. É válido ressaltar que existem duas antecâmaras de acesso ao box de pesagem, uma para pessoas e outra para materiais.

Figura 1: Ilustração do local de instalação de uma cabine de fluxo laminar.



Fonte: Autor.

Este trabalho tem por objetivo o estudo de caso, onde o foco foi aumentar a disponibilidade de uma linha de produção da indústria farmoquímica, a partir da redução das horas do plano de manutenção, referente a troca semanal dos filtros grossos das cabines de fluxo laminar.

1.1 Plano de Manutenção

Com a evolução da indústria, a imagem da manutenção foi sendo alterada. Via-se a manutenção como um custo e não como um investimento. Os gastos com a manutenção eram colocados em segundo plano e não haviam planos eficazes para a execução das operações inerentes aos processos, esse modo de trabalho pode ser comparado ao modelo de manutenção corretiva, como é conhecido atualmente. Devido aos fatores listados acima, o profissional de manutenção não era capacitado, decorrente a isto prestava serviços de baixa qualidade[10].

Um diferencial encontrado é o planejamento de ações que não são feitas frequentemente pela área de manutenção, criam-se rotinas preventivas com base em informações fornecidas pelos próprios fabricantes dos equipamentos. Ações como inspeções, lubrificações e substituições periódicas, são as mais executadas nos planos de manutenção, evitando problemas que podem afetar diretamente a produção[12].

1.2 Indisponibilidade

Em uma linha de produção existem vários motivos para paradas, trocas de turno, treinamentos, trocas de formato, parada para manutenção semanal ou mensal. Algumas paradas estão previstas em PCM (Planejamento e Controle de Manutenção), porém quando não são planejadas, são consideradas paradas emergenciais. Essas paradas não planejadas são prejudiciais para a empresa, já que algumas linhas de produção trabalham no limite de sua capacidade, levando a perda de produção e acúmulo de atividades. [4][9]

Quando há uma organização no PCM, pode ser feito um mapeamento das áreas e prever possíveis estragos, quando o estrago já está no seu planejamento ele deixa de ser emergencial e se torna previsível, e com isso já estará na capacidade de total da indústria. [4] [5]

1.3 Capacidade de armazenamento de carga

O armazenamento de carga, é feito durante a filtração de partículas não desejáveis para o seu meio habitável, sendo assim são postos filtros que tem como objetivo evitar a passagem dessas partículas. [6]

Quando há um depósito de partículas, as mesmas vão se acumulando nos filtros e não deixam passagem para outras partículas passarem. Gerando a necessidade de troca dos filtros, para que evite que suas partículas sejam empurradas (princípio da impenetrabilidade), aonde dois corpos não podem ocupar mesmo espaço. Também é necessário se atentar para a “Terceira lei Newton, que afirma que a toda ação corresponde a uma reação de igual intensidade”, mas que atua no sentido oposto, devido a força de arrasto ser igual. A partícula não volta. [6][7]

1.4 Fluxo laminar

Fluxo laminar é a definição de um padrão de fluxo de ar que se movimenta em sentido unidirecional e velocidade constante. Quando o ar é filtrado por filtros HEPA (*High Efficiency Particulate Air Filter*), onde a eficiência está acima dos 99,97%, retraindo partículas $\geq 0,3$ micron e maiores, formando o ambiente ultra limpo. [8]

As cabines de fluxo laminar são equipamentos que tem a competência de gerar ambientes com os maiores graus de higienização, áreas de produção ou áreas de trabalho pequenas, de maneira que não seja dependente do ambiente que o rodeia. Neste equipamento o fluxo do fluido

existe um mínimo de agitação das várias camadas do fluido que se movimentam em velocidade constante em todos os pontos. Com esse equipamento é possível trabalhar com um nível de segurança máximo, pois seu ambiente de trabalho possui classificação ISO Classe 5, de acordo com NBR ISO 14644-1 (antiga classe 100 de acordo com o Federal Standard 209e), que trata de salas limpas e ambientes controlados associados. [2] [3] [11]

2. Metodologia

Para que fosse analisado a viabilidade da troca dos filtros empregados nas cabines de fluxo laminar, foram utilizados os resultados dos testes realizados pela ASHRAE nos dois filtros propostos, que aqui serão denominados de filtro “A” e filtro “B”. Ambos os testes foram realizados a uma vazão constante 343.654 m³/h e a uma velocidade de 8997,696 m/h.

Não existem testes realizados no filtro que é utilizado atualmente no equipamento, aqui chamado de filtro “C”, sendo assim, as análises foram pautadas em dados empíricos. Para determinar quantas gramas de partículas são geradas em uma semana, o filtro “C”, que é utilizado atualmente, foi pesado na periodicidade de sete em sete dias, isto é, no momento de sua troca. Na avaliação dos filtros foram analisados os dados: Total de poeira alimentada x Resistência (diferencial de pressão); Custo dos filtros; Quantidade de tempo para realizar as trocas dos filtros; Custo do homem/hora e o tempo ganho em disponibilidade do equipamento.

O fator determinante para a escolha do filtro para as cabines de pesagem, é o fato do equipamento já ser disponibilizado mensalmente para as suas manutenções preventivas periódicas mensais. O tempo em que o equipamento ficará disponível para essas manutenções, será aproveitado para realizar as trocas dos filtros grossos.

3. Resultados

3.1 – Seleção do Filtro

Durante consulta ao fabricante principal do produto, foram identificado os fatores decisivos para a determinação desse modelo de filtro, que são: O fato de que o setor já disponibilizar uma vez ao mês as dezessete cabines para as demais manutenções periódicas; O filtro “B” selecionado satura com 157g, quatro vezes mais que a capacidade do filtro “C” utilizado hoje. Sendo que o filtro “B” custa aproximadamente quatro vezes mais que o filtro “C”; O filtro “A” não pode ser aplicado pois

ele custa mais que o dobro do que o filtro “B”, porém não possui o dobro da capacidade de armazenamento de carga do filtro “B”. Dessa maneira, abrem-se oportunidades no planejamento de manutenção das cabines de passageiros, onde haverá meses que serão necessárias duas paradas para manutenções preventivas.

3.2 – Análise de Viabilidade Técnica e Econômica

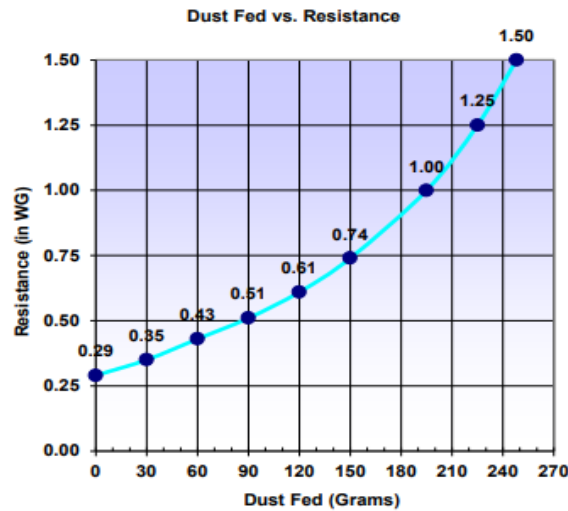
Para analisar a quantidade total de Poeira alimentada x Resistência nos filtros, foram consultados os dados do modelo de filtro selecionado, na sequência serão apresentados os gráficos dos testes realizados pela ASHRAE nos filtros “A” e “B”, e os resultados dos testes em campo do filtro “C”.

3.2.1. Análise do filtro “A”:

- Custo: R\$ 74,52 un.
- Filtro desenvolvido para condições extrema de operação;
- Meio filtrante consistente de alta capacidade de acumulação de pó;
- Moldura reforçada e colado com adesivo resistente à alta umidade.

A figura 2 e a tabela 1, representam o aumento gradativo da resistência (diferencial de pressão), a medida que o filtro recebe as partículas de pó (areia de Arizona). É possível perceber que o filtro já possui uma resistência inicial, ou seja, a resistência do meio filtrante. Conforme são criadas as tortilhas de pó, o filtro tende a aumentar a sua resistência até que o mesmo atinja o seu ponto de saturação (1,5 WG), onde o filtro começa a trocar partículas (lei da impermeabilidade).

Figura 2: Total de poeira alimentada x Resistência



Fonte: ASHRAE [1]

Tabela 1: Total de poeira alimentada x Resistência

Dust Fed Increment (gms)	Total Dust Fed (gms)	Resistance (in WG)
0	0	0.29
30	30	0.35
30	60	0.43
30	90	0.51
30	120	0.61
30	150	0.74
45	195	1.00
30	225	1.25
23	248	1.50

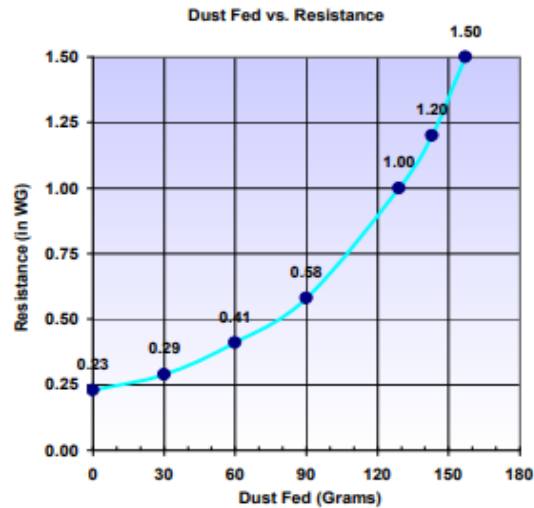
Fonte: ASHRAE [1]

3.2.2. Análise do filtro “B”:

- Custo: R\$ 37,45 un.
- Alta capacidade de acumulação de pó;
- Baixa perda de carga;
- Plissado.

Na figura 3 e a tabela 2, analogamente ao filtro anterior, onde está demonstrado por meio de gráfico e tabela, o processo de saturação do filtro, desde a sua resistência inicial, até o seu ponto de saturação.

Figura 3: Gráfico Total de poeira alimentada x Resistência



Fonte: ASHRAE [1]

Tabela 2: Total de poeira alimentada x Resistência

Dust Fed Increment (gms)	Total Dust Fed (gms)	Resistance (in WG)
0	0	0.23
30	30	0.29
30	60	0.41
30	90	0.58
39	129	1.00
14	143	1.20
14	157	1.50

Fonte: ASHRAE [1]

3.2.3. Filtro “C”:

- Custo: R\$ 8,20 un.
- Densidade progressiva das fibras;
- Tela integralmente ao meio filtrante.

A tabela 3 relaciona o peso do filtro “C” ao longo de uma semana de teste. O objetivo era definir qual a quantidade de tortilhas de pó criadas, em gramas, no decorrer de uma semana, pois será a base dos cálculos de viabilidade técnica e econômica.

A pesagem realizada no dia 08/outubro (segunda-feira), mostra o peso do filtro “seco”, 180g, ou seja, sem nenhuma partícula. Após dois dias do filtro em operação, o filtro foi retirado no dia 10/outubro (quarta-feira) onde foi registrado o aumento de 25g em seu peso total. O filtro foi instalado novamente, para que, no dia 13/outubro (sábado), o teste se encerrasse completando 1 semana de operação. A ultima pesagem foi registrada no valor de 220 gramas.

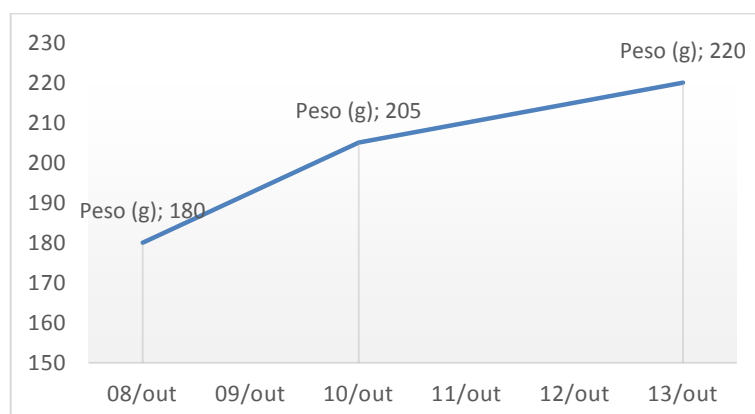
Tabela 3: Aumento da quantidade de pó acumulada no filtro “C”

Peso	Data da pesagem
180g	08/out
205g	10/out
220g	13/out

Fonte: Autor.

Na figura 4 está demonstrado o acompanhamento do filtro “C” durante o teste.

Figura 4: Gráfico da evolução do peso do filtro ao longo da semana

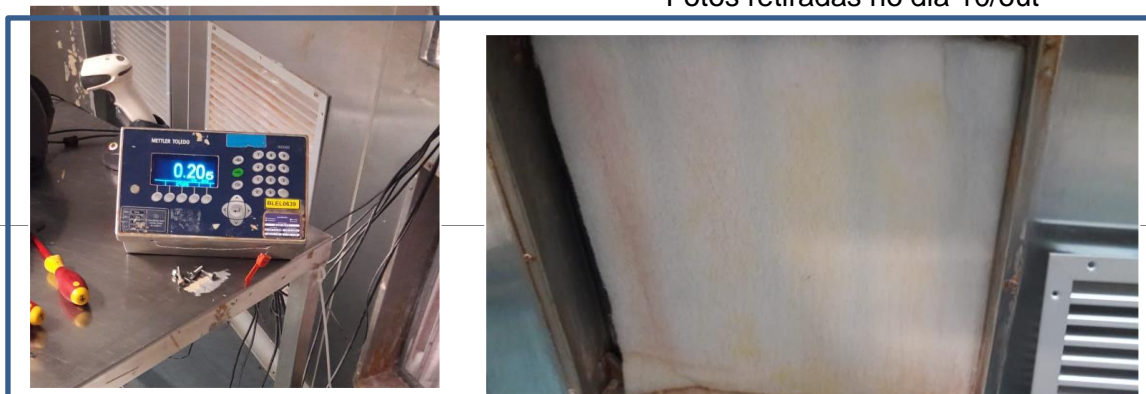


Fonte: Autor.

As duas fotos abaixo, figura 5, foram registradas no dia 10/outubro. Fica visível a formação das tortilhas de pó na superfície do filtro, onde o mesmo está com 25 gramas a mais em relação ao seu peso inicial.

Figura 5:

Fotos retiradas no dia 10/out



Fonte: Autor.

As fotos abaixo, figura 6, foram registradas no último dia dos testes, 13/outubro. O filtro está em seu ponto máximo de saturação, aproximadamente 40 gramas. Esta saturação está visível na imagem da direita, onde pode-se ver a concentração das partículas que foram filtradas.

Figura 6: Fotos retiradas no dia 13/out



Fonte: Autor.

3.3 – Demonstrativo de ganhos na disponibilidade

O tempo gasto para trocar todos os quatro filtros de uma cabine de fluxo laminar é de trinta minutos. Sendo que, com o filtro que é utilizado atualmente, “C”, são feitas quatro trocas por mês, nas dezessete cabines. Totalizando-se, 34 horas mensais do plano de manutenção dedicadas apenas a troca dos filtros grossos das cabines.

Utilizando os filtros “A” ou “B” esse tempo cai para 8,5 horas, pois passaria a haver apenas uma troca de filtros ao mês. Sendo de R\$ 14,47 o custo do homem/hora, do técnico mecânico, na empresa onde está sendo feito este estudo.

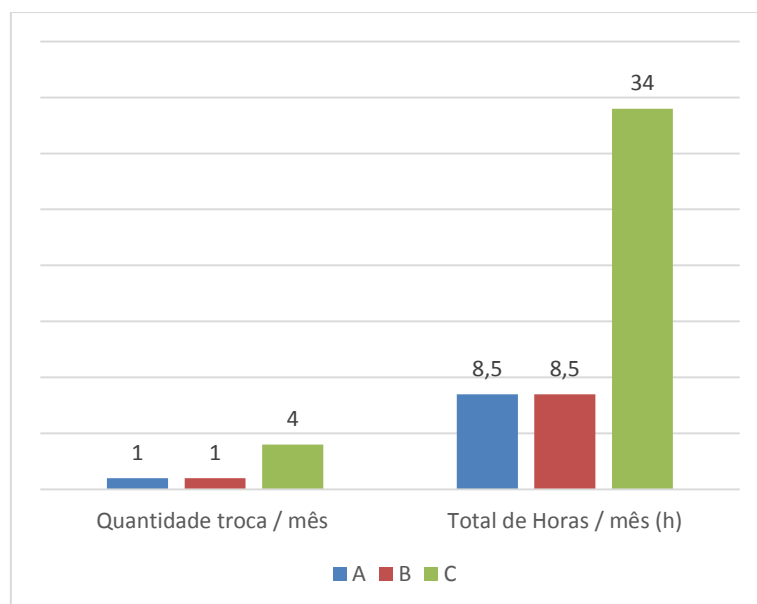
Segue abaixo a tabela 4 e a figura 7, de maneira a demonstrar os valores citados acima.

Tabela 4: Comparativo entre os filtros

Filtro	Tempo / Cabine (min.)	Quantidade de cabine	Quantidade troca / mês	Total de Horas / mês (h)	Custo da mão de obra / mês
A	30	17	1	8,5	R\$ 123,00
B	30	17	1	8,5	R\$ 123,00
C	30	17	4	34	R\$ 491,98

Fonte: Autor.

Figura 7: Gráfico comparativo entre os filtros



Fonte: Autor.

4. Conclusões

Após realizar as análises de resultado de cada filtro, foi concluído que o filtro que melhor se encaixa no presente cenário do setor é o filtro “B”. A observação mais importante nessa tomada de decisão foi que o filtro “A” custa R\$ 74,52, ou seja tem um valor próximo ao dobro do filtro “B”, que

custa R\$ 37,45 , porém não possui o dobro da capacidade de armazenamento de carga, que é o principal resultado analisado.

A quantidade média de partículas geradas semanalmente é de 40 g, 160 g por mês. Esse valor é próximo ao máximo suportado pelo filtro “B”, 157g, de maneira com que ele possa ser trocado mensalmente, junto com as preventivas periódicas mensais das cabines de pesagem. No caso do filtro “A”, onde a sua capacidade de armazenamento de carga chega a 248g, o filtro deve ser trocado em 7 semanas, onde haveria a necessidade de intervir na cabine mais de uma vez ao mês, a cada dois meses.

Utilizando o filtro “B”, substituindo o filtro “C”, serão reduzidas 25,5 horas do plano de manutenção, 1,5 horas por cabine. Com essa quantidade de horas reduzidas no plano, a mão de obra do técnico será utilizada para realizar outras atividades de manutenção e esse acréscimo no tempo disponível por equipamento acarretará na redução do carregamento do setor.

Agradecimentos

Agradecemos primeiramente a Deus e a nossa família, principal fonte de motivação à qual nos refugiamos nos momentos em mais precisamos. Agradecemos também ao nosso mestre Sérgio Mateus Brandão que nos auxiliou prontamente durante toda essa jornada.

“Vencer é o que importa, o resto é consequência”

Ayrton Senna.

Referências

[1] ASHRAE (Estados Unido). Teste de Filtros. Louisville: Ashrae, 2011. 4 p.

- [2] ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (30/03/2005). ABNT NBR ISO 14644-1 - Salas limpas e ambientes controlados associados. Rio de Janeiro.
- [3] BIOSYSTEMS. (13 de Março de 2018). Cabine de Fluxo Laminar Unidirecional Horizontal, Área de trabalho 61 x 64 x 46 (A x L x P), ISO Classe 5 – Modelo: FUH-06. Disponível em: <http://www.biosystems.com.br/equipamentos/fluxo-laminar/cabine-de-fluxo-laminar-unidirecional-horizontal-iso-classe-5>
- [4] Cardoso, C. (2 de Abril de 2018). Gestão da Manutenção, OEE, TPM. Fonte: Site da kitemes: <http://www.kitemes.com.br/2018/04/02/qual-o-impacto-de-uma-maquina-parada/>
- [5] Engeman. (04 de 12 de 2017). Engeman. Fonte: Site Engeman: <http://blog.engeman.com.br/a-importancia-do-planejamento-de-manutenca;>
- [6] FARGNOLI, Amélia Giovana. Estudo da compressibilidade de tortas de filtração de gases em filtros de tecido. 2010. 145 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2010.
- [7] HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. Fundamentos de física. 8. ed. Rio de Janeiro, RJ: LTC, c2009 vol 4;
- [8] MARCONI Equipamentos para Laboratórios. (13 de Março de 2018). MA1550 | Câmara de Fluxo Laminar Vertical Classe 100. disponível em: <http://www.marconi.com.br/capa.asp?idpaginainst=exibeproduto&procodigo=81>
- [9] SOMER, Adriano. ANÁLISE E SUGESTÃO DE MELHORIA PARA O SISTEMA DE COMUNICAÇÃO INTERNA ENTRE PCM E MANTENEDORES PARA CONTROLE DE INDICADORES DE DESEMPENHO. 2015. 46 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal Tecnológica do Parana, Ponta Grossa, 2015.
- [10] TRAEGER, A. A modernização d manutenção. Controle da Qualidade, n. 33, p.22-25, 1995.
- [11] TROX TECHNIK - The art of handling air. (13 de Março de 2018). Cabine de Fluxo Laminar. Fonte: <https://www.troxbrasil.com.br/equipamentos/cabine-de-fluxo-laminar-17354bff7905fdf5>

[12] VIEIRA, M.G. Introdução à manutenção. Publ. EESC-USP, n. 017/92, 15p., São Carlos, 1991