

MAIÊUTICA
ENGENHARIAS



CENTRO UNIVERSITÁRIO LEONARDO DA VINCI
Rodovia BR 470, Km 71, nº 1.040, Bairro Benedito
89084-405 - INDAIAL/SC
www.uniasselvi.com.br

REVISTA MAIÊUTICA

Engenharias

UNIASSELVI 2022

Reitor da UNIASSELVI
Prof. Hermínio Kloch

Pró-Reitora de Ensino de Graduação Presencial
Prof. Antônio Roberto Rodrigues Abatepaulo

Pró-Reitora de Ensino de Graduação a Distância
Prof.^a Francieli Stano Torres

Pró-Reitor de Ensino de Pós-Graduação
Prof. Carlos Fabiano Fistarol

Pró-Reitor Operacional de Ensino
Prof. Érico Coelho Ribeiro

Editor da Revista Maiêutica
Prof. Luis Augusto Ebert

Comissão Científica
Aline de Viegas Beloni
Diego Milnitz
Eliza Damiani Woloszyn
Giovani Renato Zonta
Giuliani Facco
Henrique Gonçalves Pereira
Leandro Marques Correia
Marcelo Danielski
Marcelo Henrique Soar
Naiane Paiva Stochero

Editoração e Diagramação
Equipe Produção de Materiais

Revisão Final
Equipe Produção de Materiais

Publicação On-line
Propriedade do Centro Universitário Leonardo da Vinci

Apresentação

Caro leitor, dentro de uma nova proposta, a Revista Maiêutica: Engenharias nos apresenta com alguns dos melhores artigos dos professores e acadêmicos de todos os cursos de engenharias da UNIASSELVI, dentro de uma abordagem interdisciplinar no que tange a todas as áreas correlatas a estes cursos. Aliás, a implementação prática dos conceitos vistos em aula é uma das premissas para a consolidação do conhecimento ao longo das disciplinas. Além do mais, esta contribui para o desenvolvimento de bons trabalhos acadêmicos cooperando para uma educação empreendedora, criativa e profissional. Este é o perfil dos artigos contemplados nesta edição e que conduzem os alunos à construção de sua própria história, com trabalhos que contribuem para a melhoria de vida dos nossos alunos e dos demais públicos envolvidos direta ou indiretamente com as soluções propostas. A valorização do conhecimento através desta publicação contribui para a disseminação do know-how gerado no decorrer dos estudos e potencializa a exploração de áreas ainda pouco estudadas, a inspiração e o aprofundamento de novas avenidas de pesquisa. O aprofundamento dos estudos torna mais simples a atuação daqueles que detêm e desenvolvem e testam as novas possibilidades encontradas. Após diversos erros e acertos inerentes ao processo de aprendizado e de testagem, estes podem propor a solução que melhor atenda às especificidades e requisitos aos quais seus objetivos estão alicerçados. Temáticas relevantes e atuais são abordadas ao longo da revista. Esperamos que a leitura seja esclarecedora e inspiradora!

Bom proveito!

Professor Luis Augusto Ebert
Coordenador Engenharia Ambiental e Sanitária

Professora Naiane Paiva Stochero
Coordenadora Engenharia Civil, Produção e Mecânica

Professor Léo Roberto Seidel
Coordenador Engenharia Elétrica



SUMÁRIO

APRESENTAÇÃO	3
F-PRO CONVENCIONAL VERSUS JGA-503:um estudo comparativo do consumo de tinta no processo de pintura industrial	
F-Pro conventional versus JGA-503: a comparative study of ink consumption in the industrial painting process	
Anderson Bernardes	
Henrique Gonçalves Pereira	7
IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM NA ÁREA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS: estudo de caso sobre a adequação de processos em um banco digital	
Implementation of the TPM methodology in area of service provision: case study about processing processes in a digital bank	
Danielle da Silva Carvalho	25
PONTE TRELIÇADA: modelo Warren modificada	
Lattice bridge: modified Warren model	
Ostenildo Ribeiro Campos	
Luciano da Silva de Souza	
Vitor Ernesto Severino Ferreira	
Ricardo Aurelio Cavalheiro Manarelli.....	37

F-PRO CONVENCIONAL *VERSUS* JGA-503: um estudo comparativo do consumo de tinta no processo de pintura industrial

F-Pro conventional *versus* JGA-503: a comparative study of ink consumption in the industrial painting process

Anderson Bernardes ¹

Henrique Gonçalves Pereira²

Resumo: Com um mercado atual extremamente competitivo, as organizações buscam meios de desenvolver e melhorar seus processos e equipamentos. Diante desse contexto, destaca-se a economia de tinta, objetivo deste artigo, assim como os processos da pintura industrial desde a preparação da superfície até o acabamento. O estudo de caso teve como finalidade analisar as diferenças no consumo de tinta, por meio da realização de testes com os equipamentos de pintura dos modelos F-Pro Convencional, da marca Sames Kremlin, e JGA-503, da marca Devilbiss. Obteve-se como principal resultado da pesquisa a redução no consumo de tinta em 7,6% apenas com a troca de equipamento, mostrando-se, assim, viável o investimento.

Palavras-chave: Pintura industrial. Consumo. Equipamentos.

Abstract: With an extremely competitive current market, organizations are looking for ways to develop and improve their processes and equipment. In this context, the economy of paint stands out, the objective of this article, as well as the processes of industrial painting from surface preparation to finishing. The purpose of the case study was to analyze the differences in ink consumption, where tests were carried out with the Sames Kremlin F-Pro Conventional painting equipment and the Devilbiss JGA-503. The main result of the research was the reduction in ink consumption by 7.6% only with the replacement of equipment, thus proving to be a viable investment.

Keywords: Industrial painting. Consumption. Equipments.

Introdução

Diante de um cenário industrial cada vez mais competitivo e inovador, no qual, frequentemente, novas tecnologias são descobertas, melhoradas e implementadas, as empresas são desafiadas a investir e se adequar a esse novo mercado.

Dessa maneira, foram realizados vários estudos, a fim de encontrar o melhor custo-benefício para a obtenção de economia de tinta, aliada ao tratamento de superfície.

O setor da pintura industrial dá origem a outros âmbitos, de diversos segmentos, sejam aéreos, náuticos, terrestres, estáticos ou em movimento. É a tinta que protege o metal da ação do tempo; por isso, será demonstrado como a pintura industrial é importante, transmitindo conhecimento desde a base, que é o tratamento de superfície, até a proteção anticorrosiva.

Ademais, serão abordados temas como a aplicação e os tipos de tintas, a economia de tinta e os benefícios de uma simples troca por um equipamento mais eficiente.

No estudo de caso realizado neste artigo, com as pistolas de pintura da marca Sames Kremlin, modelo F-Pro Convencional, será possível visualizar, de forma nítida, a qualidade do equipamento e, principalmente, a taxa de transferência de tinta, superior ao equipamento da marca Devilbiss modelo JGA-503.

¹ Acadêmico de Engenharia Mecânica, Centro Universitário Dante, Blumenau/SC, bernardesanderson@hotmail.com.

² Prof. do Curso de Engenharia Mecânica, Centro Universitário Dante, Blumenau/SC, henrique.pereira@uniasselvi.com.br.

Objetivos

Objetivo geral

Demonstrar a diferença no consumo de tinta dos equipamentos de pintura JGA-503 e F-Pro Convencional.

Objetivos específicos

Os objetivos específicos deste artigo são:

- Análise da preparação de superfícies.
- Avaliação da proteção anticorrosiva.
- Revestimento de pintura como técnica de proteção anticorrosiva.
- Análise do consumo de tinta tanto com a F-Pro Convencional quanto com a JGA-503.
- Análise do tempo de retorno do investimento.

Revisão da literatura

Proteção anticorrosiva

A finalidade da proteção anticorrosiva nada mais é do que criar uma camada protetora, que restringe o contato com o ambiente externo e tem o objetivo de prevenir o patrimônio da oxidação, além de dar elegância à peça com seu acabamento (BOIÇA, 2009) .

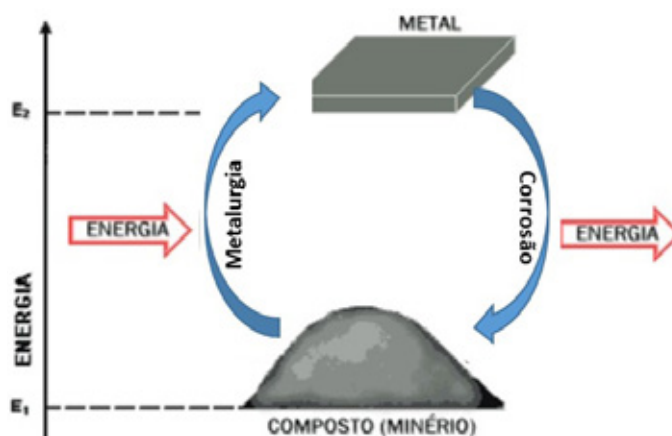
A pintura está localizada em diversos segmentos, seja para baixa ou alta produção, madeira, plástico ou aço. No entanto, o material que mais necessita de proteção antioxidante é o aço, pois é o mais utilizado na fabricação de máquinas e equipamentos (BOIÇA, 2009).

De acordo com Boiça (2009, p. 4), “o material mais utilizado para construção de equipamentos para indústria é o aço. O aço é obtido através de uma transformação do minério, geralmente encontrado na forma de óxido de ferro, forma mais estável do ferro”.

O aço, quando entra em contato com o ar úmido ou a água, sofre oxidação (corrosão química), ou seja, começa a perder elétrons para o oxigênio (O_2) e a água (H_2O), os quais são agentes oxidantes. Para que a oxidação – ou ferrugem, como é conhecida popularmente – aconteça, é necessário ter, no mínimo, esses dois componentes. Não existe óxido de ferro somente com um desses agentes, os quais são encontrados em abundância no ambiente (BOIÇA, 2009).

A Figura 1 mostra como a corrosão é um processo inverso à metalurgia.

Figura 1. Ciclo dos metais.



Fonte: Adaptada de Nunes; Lobo (2012).

Em ambientes secos, a oxidação não é um problema tão grave, pois, quando se forma uma camada de óxido sobre o ferro, esta impede que o oxigênio da atmosfera encontre o ferro para que ocorra reação (BOIÇA, 2009).

Para Diniz (2003 *apud* BOIÇA, 2009, p. 5):

A própria umidade da atmosfera, juntamente com a poeira, o CO₂, gases, sais e ácidos presentes em ambientes industriais formam o eletrólito necessário para que estes metais formem uma pilha galvânica e inicia-se a corrosão. Até mesmo uma única chapa de aço, isolada de contato com outras peças pode sofrer corrosão galvânica na presença de eletrólito, devido a diferentes composições em suas regiões. Outros causadores de pilha são os elementos de liga, as tensões e aerações diferenciadas.

Logo, entende-se que todo o cuidado é pouco. Quando o aço está vulnerável, há pouco tempo para aplicar uma camada protetora, dificultando, assim, que ele volte ao estado mais estável. Um dos principais meios de oxidação se dá através da atmosfera, pois o ar contém umidade, sais, gases, poeiras, entre outras impurezas presentes no ambiente, chamadas de eletrólitos.

Segundo Serra (2018, p. 25), “estima-se que uma parcela superior a 30% do aço produzido no mundo seja usada para reposição de peças e partes de equipamentos e instalações deterioradas pela corrosão”.

Tratamento de superfície

A preparação da superfície a ser pintada é um processo muito importante para a qualidade da pintura e se dá em superfícies novas ou repintura. Para cada tipo de tinta, tem-se um processo específico, o qual é dado pelo plano de pintura. Existem vários métodos de limpeza, como mecânica, química, a fogo, a vapor, entre outras (NUNES; LOBO, 2012).

Nenhum processo de pintura terá o resultado desejado se a superfície não for preparada de forma correta. A pintura feita em cima de uma superfície com pó, graxa e outras impurezas não é somente perda de tempo, mas também desperdício de tinta. Em outras palavras, é dinheiro jogado fora (NUNES; LOBO, 2012).

A limpeza pode ser realizada de diversas formas, porém as mais utilizadas são as limpezas mecânicas, divididas, basicamente, em (NUNES; LOBO, 2012):

- Limpeza manual: é uma limpeza de baixo rendimento, que remove, de modo superficial, o óxido e outras impurezas, sendo realizada com o auxílio de lixas, escovas de aço e espátulas.
- Limpeza com ferramentas mecânicas manuais: tem um rendimento um pouco melhor que a limpeza manual, porém ainda considerado baixo. É realizada com lixadeiras, escovas, marteletes, agulhas, ferramentas elétricas e pneumáticos.
- Limpeza com jateamento abrasivo: é o método mais condizente e produtivo. Por isso, é a mais utilizada na indústria.

Limpeza com jateamento abrasivo

Tem como objetivo a retirada de óxido e outras impurezas na superfície. É um dos métodos de limpeza mais adequados e utilizados para alta produção. Para Nunes e Lobo (2012, p. 76), “quanto melhor o grau de limpeza da superfície e maior o perfil de rugosidade, maior será a adesão das tintas e melhor o desempenho e a durabilidade do esquema de pintura”.

O jato abrasivo é proveniente da pressão gerada por um compressor de ar comprimido com a mistura dos abrasivos. Além de ser eficaz, é o mecanismo mais prático para a retirada da carepa de laminação, formada na siderurgia para evitar a oxidação do aço até o consumidor. A utilização

da areia, para esse processo, é proibida pelo Ministério da Saúde no Brasil e em diversos outros países, por ser extremamente prejudicial à saúde do jateador. Hoje, a indústria utiliza granalha de aço carbono, microesfera de vidro, óxido de alumínio, entre outros insumos (BOIÇA, 2009).

Com o passar do tempo, o material jateado tende a oxidar, sendo recomendada a realização da primeira mão de tinta de fundo o quanto antes, no máximo seis horas após o jateamento. O perfil de rugosidade, ou seja, a ancoragem da tinta de fundo na peça, se dá pelo tipo de granalha utilizada no jateamento, a qual deve respeitar o plano de pintura para cada peça (KONDLATSCH, 2018b).

Graus de limpeza com o jateamento abrasivo

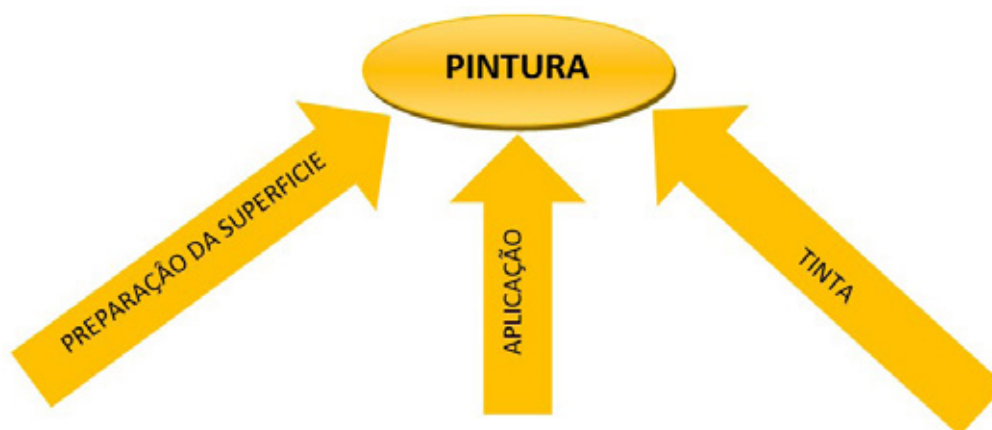
A limpeza por jateamento abrasivo é dividida em quatro graus, que são mais utilizados comercialmente (NUNES; LOBO, 2012):

- Limpeza ligeira ou jato de escoamento: é uma limpeza rápida e precária, pouco utilizada para a pintura industrial, pois retira apenas 5% das impurezas.
- Limpeza ao metal cinza ou jateamento comercial: retira os óxidos e a carepa de laminação em cerca de 50% da superfície a ser pintada.
- Limpeza ao metal quase branco: nesse tipo de limpeza, é aceito apenas 5% de óxidos, carepa de laminação e manchas ou de óxidos impregnados na superfície.
- Limpeza ao metal branco: é a limpeza mais eficiente por método de jateamento abrasivo. É o único método que retira por completo a carepa de laminação e deixa a peça livre de manchas.

Pintura como técnica de proteção anticorrosiva

Pintura industrial não é somente a aplicação da tinta, mas um conjunto no qual três etapas são fundamentais: a preparação da superfície, a tinta e a sua aplicação – essa é a base da pintura (Figura 2).

Figura 2. A base da pintura.



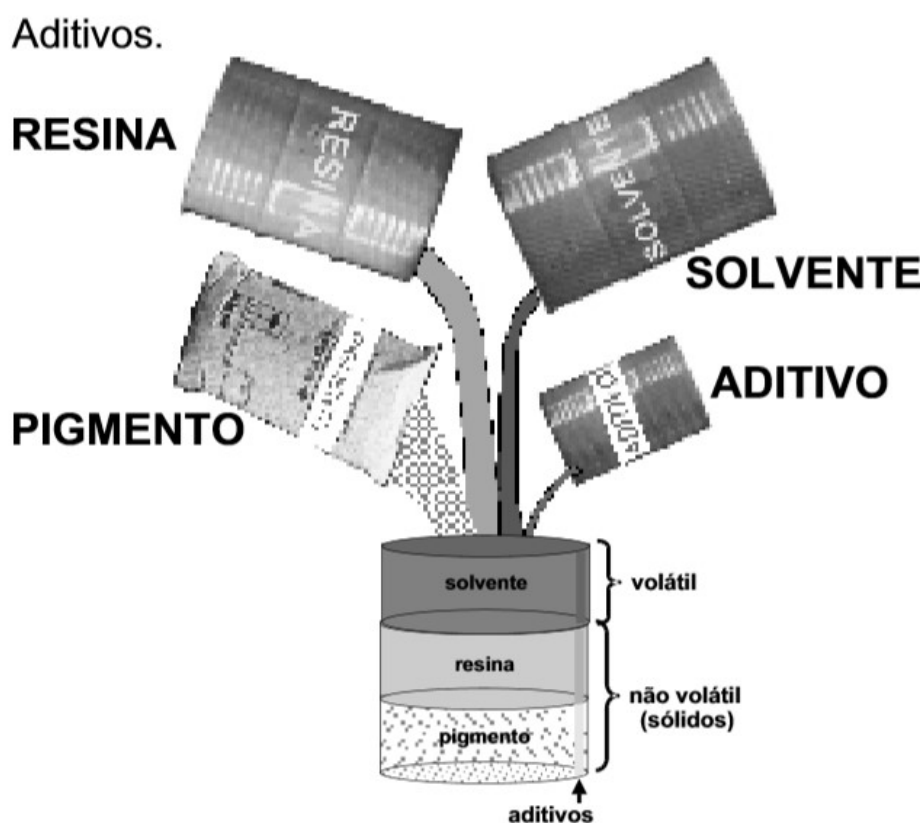
Fonte: Adaptada de Kondlatsch (2018b).

Tintas

“A tinta é uma composição líquida que, depois de aplicada sobre uma superfície, passa por um processo de secagem ou cura e se transforma em um filme sólido, fino, aderente, impermeável e flexível” (GNECCO; MARIANO; FERNANDES, 2003, p. 52). Logo, entende-se que a tinta possui característica, geralmente, viscosa, constituída de um ou mais pigmentos dispersos em um aglomerante líquido, que, ao sofrer um processo de cura, quando estendida em película fina, forma um filme opaco e aderente ao substrato. Esse filme tem a finalidade de proteger e embelezar as superfícies.

As tintas são compostas basicamente por quatro grupo de materiais: solventes, resinas, pigmentos e aditivos (Figura 3). Uma parte dessa mistura heterogênea é volátil e outra não volátil. A tinta, após um processo de cura, cria uma película protetora, que exerce sua principal função – proteger a superfície (FELTRIN, 2004; KONDLATSCH, 2022b).

Figura 3. Fabricação de tinta com suas matérias-primas.



Fonte: Gnecco; Mariano; Fernandes (2003, p. 46).

Solventes

Os solventes, ou veículos não convertíveis, são compostos totalmente voláteis, responsáveis por dissolver os demais materiais sem alterar suas propriedades químicas, além de deter o controle da viscosidade, facilitando a aplicação da tinta e dando aderência. Dessa forma, o solvente apenas auxilia na transferência da tinta para a superfície e, depois do processo de cura, evapora e não tem ação na proteção da superfície pintada, ficando apenas a película com os pigmentos e a resina. Outra característica marcante é o forte odor, a toxicidade e a inflamabilidade (FELTRIN, 2004; ANGHINETTI, 2012).

Resinas

De acordo com Marques (2017), resinas, óleos ou veículos fixos são as partes não voláteis da tinta, conhecidas como aglutinantes ou ligantes, ou seja, que dão liga à tinta e facilitam a união das partículas de pigmentos, unindo-as de maneira que fiquem dispersas uniformemente em toda extensão da resina.

Segundo Anghinetti (2012, p. 19), “a formação dessa película de tinta está relacionada ao mecanismo de reações químicas do sistema polimérico, embora outros componentes, como solventes, pigmentos e aditivos tenham influência no sentido de retardar, acelerar e até inibir essas reações”.

Pigmentos

Muitas vezes, os pigmentos são confundidos com corantes – substâncias, geralmente, diluídas pelo maior solvente universal, a água, sendo muito utilizados na indústria têxtil, pois sua coloração ocorre por meio de absorção. Contudo, segundo Anghinetti (2012, p. 15), “os pigmentos são substâncias sólidas, finamente divididas, partículas entre 0,05 e 5 µm, não voláteis e insolúveis (com exceção do corante) no meio. Material utilizado com a finalidade de promover cor, opacidade, consistência, durabilidade e resistência à tinta”.

Trata-se de micropartículas sólidas que refletem os raios destrutivos de luz, auxiliando na vida útil da tinta, além de serem substâncias fundamentais para a cobertura das tintas e possuírem uma dispersão muito estável. Basicamente, as propriedades dos pigmentos são: as cores básicas, a intensidade, o poder de cobertura, a dispersibilidade e o brilho.

Aditivos

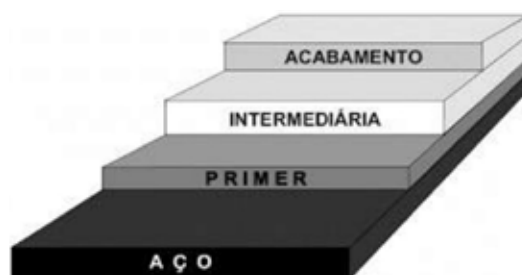
Os aditivos têm grande importância na estabilidade, na aplicabilidade e na qualidade do filme, porém apresentam baixa concentração na composição da maioria das tintas, de 0,1% a 2% – como pode ser visto na Figura 3.

De acordo com Feltrin (2004, p. 9), “alguns aditivos se comportam como solventes, sendo totalmente voláteis, enquanto outros se comportam como resinas ou são mesmo tipos de resinas especiais, e outros ainda se comportam ou são como pigmentos, sólidos, microscópicos em forma de pó e totalmente não voláteis”.

Tintas de fundo, intermediária e de acabamento

A utilização de esquemas de pintura dentro da indústria é uma ferramenta indispensável, pois constam diversas informações específicas, como quais processos foram adotados para determinados equipamentos e os tipos de tintas a serem utilizadas. Para a proteção anticorrosiva de estruturas, em geral, fabricadas com aço, o esquema de pintura é composto basicamente por apenas três componentes, como mostra a Figura 4 (SILVÉRIO, 2015; GARCIA, 1999).

Figura 4. Camadas de tintas.



Fonte: Kondlatsch (2018a, p. 19).

- Tinta de fundo ou primária: também muito conhecida como *primer*, é a primeira a ser aplicada na peça após o tratamento da superfície. Em alguns casos, tem zinco na composição, o que proporciona uma maior proteção anticorrosiva.
- Tinta intermediária: tem o objetivo de selar uma película muito porosa e aumentar a espessura do revestimento, com um menor número de demãos e, conseqüentemente, aumentando a proteção anticorrosiva. Entretanto, nem sempre é necessária a sua aplicação. Normalmente, é aplicada quando a tinta de fundo possui zinco em sua base.
- Tinta de acabamento: tem a função de dar resistência química ao revestimento, pois é a última camada do filme de tinta, que fica em contato direto com o ambiente corrosivo. Tem como responsabilidade dar a cor final e estética do equipamento.

Métodos de aplicação da tinta e equipamentos

Segundo Nunes e Lobo (2012), uma das formas de aplicação da tinta é feita pelo método de pistola a ar, no qual a tinta está em um reservatório no qual é injetado o ar comprimido. Quando o operador aciona o gatilho, libera a passagem da tinta pelo bico da pistola. O objetivo desse método de pintura é a produtividade e a obtenção da camada de tinta sobre a peça uniforme. Essa aplicação exige que a tinta seja muito mais diluída que em outros processos, como a pintura por rolo ou pincel, mas ainda é um dos processos mais utilizados e baratos – embora gere muito desperdício de tinta, uma vez que ela é jogada no ar, gerando uma grande nuvem de tinta, e isso faz com que nem toda tinta chegue até a peça.

As pistolas de pulverização mais utilizadas pelas indústrias são dos sistemas LVLP, HVLP, Convencional, Airmix.

A pistola de pintura modelo LVLP trabalha com baixa pressão (*Low Pressure – LV*) e baixo volume (*Low Volume – LP*). Já o sistema de pintura HVLP trabalha também com baixa pressão (*Low Pressure – LP*), mas com alto volume (“*High Volume*” – HV) de ar comprimido. A diferença é que o sistema HVLP tem maior produtividade quando comparado ao LVLP. Também são fabricados os sistemas Convencionais, basicamente iguais aos HVLP e LVLP, mas com baixo volume e média pressão (MARTINS, 2016).

Na Figura 5, temos um sistema de pulverização com tanque de pressão, composto basicamente por: um compressor, o qual gera pressão para que se possa realizar a pulverização da tinta; a rede de ar; um regulador de pressão, o qual tem a função de reduzir a pressão da rede, estando conectado ao reservatório de tinta; e a pistola de pintura.

Figura 5. Sistemas de pintura com tanque de pressão.



FONTE: Adaptada <<https://www.arprex.com.br/produtos/catalogo-arprex-baixa.pdf>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

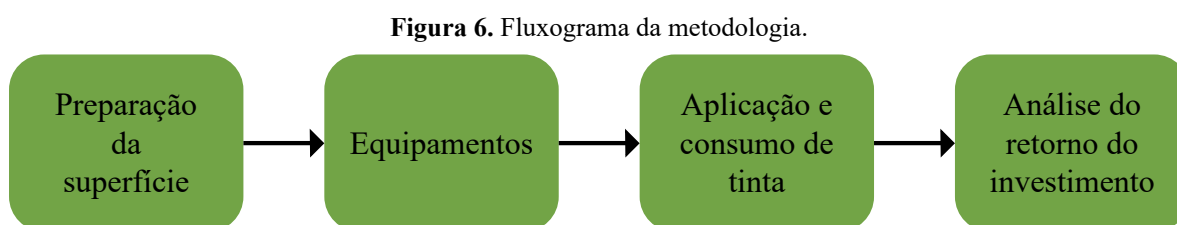
Após obter a pressão de trabalho adequada, que, geralmente, deve estar em, no máximo, 2,5 bar, para a pulverização da pistola, e 1 bar no reservatório de tinta, o operador pode dar início à aplicação da tinta.

Metodologia

A metodologia utilizada, além de ter como base a revisão bibliográfica, apresenta um estudo de caso, com visita técnica, para a coleta de informações, em uma empresa do ramo metalúrgico, em que foi feito um levantamento de boa parte dos dados, assim como algumas imagens cedidas pela empresa consumidora do equipamento.

A abordagem metodológica, utilizada neste artigo, busca conhecimento para aplicar a solução à problemática: qual seria o consumo de tinta com os equipamentos de pintura? Para chegar à natureza da problemática, precisou-se conhecer o processo por completo. Assim, foi realizada uma reunião com o responsável pelo setor de caldeiraria da empresa.

Para facilitar a visualização do processo, foi desenvolvido um fluxograma ilustrativo, conforme mostra a Figura 6.



FONTE: Elaborado pelos autores (2021).

Preparação de superfície

Os equipamentos e os métodos analisados para o desenvolvimento dos processos de limpeza de superfície são os melhores que se adequam à empresa até o momento.

O processo de proteção anticorrosiva, ou seja, a aplicação da tinta, é iniciado logo após o jateamento do produto. Atualmente, a empresa estabeleceu como regra que todo o equipamento que sair do jato precisa receber a primeira demão de tinta de fundo em, no mínimo, seis horas; caso esse prazo seja ultrapassado, será necessário um retrabalho de jateamento.

Equipamentos

A Sames Kremlin fabrica a pistola de pintura F-Pro Convencional, com o sistema de trabalho com baixa pressão e alto volume. A tecnologia aplicada na fabricação do equipamento traz como principal benefício a economia de tinta. Com a redução de névoa, além de se ter benefícios diretos para a empresa, o operador e o meio ambiente também são beneficiados.

A inovação da Sames Kremlin aperfeiçoou o método de aplicação *airspray*. Essa melhoria acontece por conta do restritor e do vórtex, sendo que essa patente ainda está pendente. Esses itens são ilustrados na Figura 7, respectivamente, e ambos têm como desígnio um spray mais fino e homogêneo e a redução do tamanho das partículas de tinta.

Figura 7. Pistola de pintura F-Pro Convencional



FONTE: Adaptada de <<https://www.sames-kremlin.com/brasil/pt/product-fpro-lock-p-conventional-HVLP-LVLP-manual-air-spray-gun-pressure.html>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

O restritor funciona como um pré-bico. Seu principal objetivo é calibrar a vazão de tinta, portanto, o bico é usado apenas para distribuir o fluido para a capa de ar. O restritor também é responsável por criar uma perda de pressão controlada, fazendo com que o fluido continue por mais tempo em frente à capa de ar. Desse modo, o ar tem mais tempo para dividir o fluido em pequenas partículas. Já o vórtex põe o fluido em rotação em forma de hélice, como pode ser visualizado na Figura 8, em que temos a demonstração de pulverização da água sem ar, especialmente para ver a forma helicoidal do fluido. Isso faz com que ele tenha uma atomização mais uniforme.

Toda essa tecnologia desenvolvida resulta em:

- Taxa de transferência maior comparada ao equipamento atual.
- Redução no desgaste do bico.
- Pressão de trabalho mais baixa.
- Vazão constante para atomização ideal.
- Tamanho da partícula pequena.

Figura 8. Pulverização de água sem ar com forma helicoidal



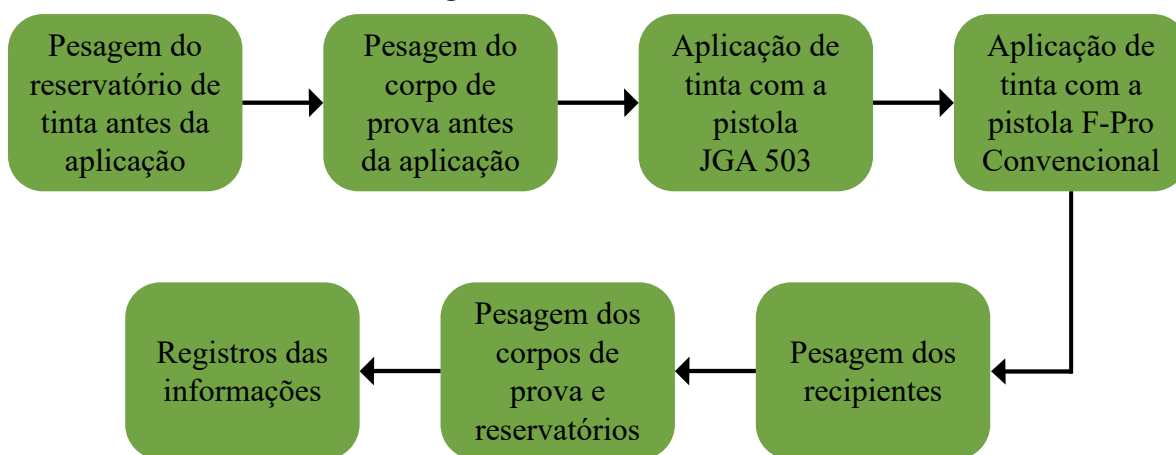
FONTE: <<https://bit.ly/3z4icRI>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

Para obter uma alta resistência à corrosão, a primeira demão de tinta é realizada com a tinta de fundo ou também chamada de *primer*, a qual, dependendo da sua composição, é rica em zinco, material extremamente abrasivo, arenoso e altamente prejudicial para a pistola de pintura. Por esse tipo de tinta ser tão abrasiva, acaba gerando um desgaste maior nos bicos e agulhas, se comparadas às tintas intermediárias e de acabamento.

Aplicação e consumo de tinta

Para facilitar o entendimento da metodologia aplicada na análise do consumo de tinta e no procedimento do teste com os corpos de prova, foi desenvolvido o fluxograma apresentado na Figura 9, no qual, basicamente, temos as pesagens do reservatório sem a tinta e do corpo de prova antecedente ao teste, seguidas de sua realização com os equipamentos JGA-503 e F-Pro Convencional com a mesma camada de tinta. Após a aplicação da tinta, novamente foi realizada a pesagem dos corpos de provas e do reservatório de tinta, sendo finalizados com o registro das informações concebidas.

Figura 9. Procedimento do teste.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

No processo de análise para o consumo de tinta, manteve-se constante:

- O tipo e a viscosidade de cada tinta.
- Bico e agulha.
- Pressão de trabalho no reservatório de tinta e ar de pulverização.
- Camada de tinta para o corpo de prova.
- Distância de aproximadamente 20 a 25 cm do bico até o corpo de prova.
- Pintor.

Análise do retorno do investimento

A análise de retorno do investimento, ou *payback*, utilizou como base a Equação 1, em que o investimento financeiro do equipamento é dividido pelo ganho na economia de tinta, seguido pela multiplicação de 12 meses, para, assim, descobrir qual será o prazo do retorno do investimento.

$$\text{Payback} = \frac{\text{investimento}}{\text{ganho na economia de tinta}} \times 12 \text{ meses} \quad (1)$$

Resultados e discussões

Rozenfeld *et al.* (2006) defendem que o principal componente para a existência de um projeto é a necessidade de melhoria, nesse caso, a redução de gastos e, conseqüentemente, para ser atraente, é preciso que o retorno do investimento seja mais rentável que o existente ou as demais opções ofertadas.

Preparação da superfície

Hoje, a empresa realiza o processo de limpeza da superfície com jateamento abrasivo, chamado de limpeza ao metal branco, sendo o processo mais eficiente com granalha de aço. O equipamento é impulsionado por ar comprimido, o qual utiliza a granalha tipo angular G25, que gera um perfil de rugosidade entre 50 e 70 microns – ideal para aderência da tinta na superfície.

Equipamentos e taxa de transferência

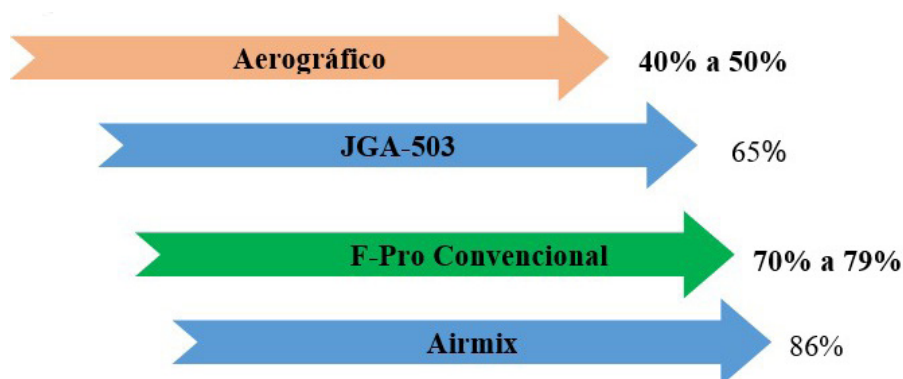
Dentro dos equipamentos de pintura aerógrafos, encaixam-se os sistemas de LVLP, LVMP, HVLP e o convencional, com uma taxa de transferência de tinta de 40% a 65%.

O equipamento de pintura atual, da marca Devilbiss, modelo JGA-503, com bico e agulhas 1.8, possui um sistema de pulverização do tipo aerógrafo, que tem uma taxa de transferência de tinta em torno de 40% a 50%, ou seja, existe um desperdício de tinta de 50% a 60%, pois ela fica retida nos filtros de ar nas cabines de pintura (é possível visualizar os filtros no fundo da Figura 11).

A F-Pro Convencional também é pulverizada por ar, mas a Sames Kremlin desenvolveu um sistema com uma eficiência que pode chegar a 79%, como pode ser observado na Figura 10. Já o equipamento Airmix possui uma taxa de transferência de tinta para peça ainda maior, de 86%. No entanto, não pode ser utilizado, pois, na composição da tinta de fundo, há o zinco, que decantada e ocasiona a obstrução da passagem do fluido.

O sistema da F-Pro Convencional é o mais vantajoso, principalmente quando é possível utilizar vórtex e restritor, pois possui sistema de pulverização que auxilia na redução da velocidade das partículas. O restritor é responsável por calibrar a vazão de tinta, enquanto o bico tem apenas a função de distribuir para a capa de ar.

Figura 10. Taxa de transferência de tinta.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

A taxa de transferência nada mais é que a quantidade de material sólido que realmente permanece na peça pulverizada.

Na Figura 11, pode-se visualizar como é grande essa diferença entre as névoas de tinta dos equipamentos com o mesmo fluxo de tinta. Nessa aplicação, o equipamento da Kremlin está sem o restritor e o vórtex, por conta da viscosidade alta da tinta, que chega a 25 segundos. Dessa forma, a sua taxa de transferência teórica para a peça fica em torno de 70%.

Figura 11. Comparativo de nevoa JGA-503 (A) versus F-Pro convencional (B).



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Os dois sistemas de pintura são convencionais, porém a pistola da Sames Kremlin possui uma atomização muito superior, por conta do seu sistema de pulverização, o qual pode ser facilmente identificado pelos furos na capa de ar da Figura 12. A máquina da Devilbs (Figura 12A) possui apenas oito furos, já a F-Pro (Figura 12B), dezesseis, o que faz com que o fluido saia do equipamento com uma velocidade mais baixa, que pode ser ponderada na Figura 12.

Figura 12. Comparativo de capa de ar na pulverização JGA-503 (A) versus F-Pro Convencional (B).



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

A Figura 13 demonstra a velocidade das partículas de tinta quando saem da capa de ar. Com a JGA-503, tem uma velocidade de 10 m/s, já com a F-Pro, apenas 7 m/s. No mesmo gráfico, temos o Airmix, equipamento com velocidade de apenas 0,7 m/s, gerando menos névoa ainda, porém, como já mencionado, essa máquina não pode ser utilizada, por conta do zinco na composição da tinta em um dos processos.

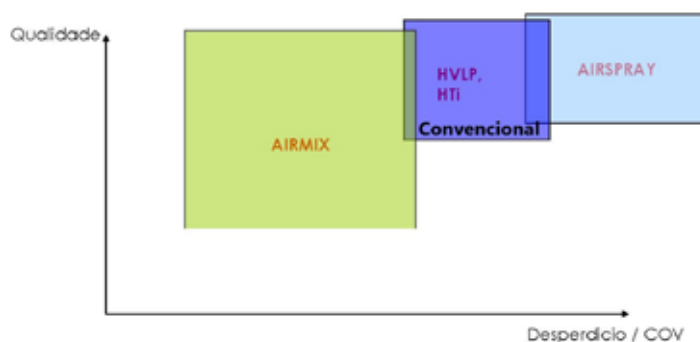
Figura 13. Velocidade das partículas.



Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Analisando o sistema de aplicação de tinta, quanto a qualidade *versus* desperdício (Figura 14), o Airmix seria o equipamento ideal para a aplicação em questão, o mais econômico e com melhor qualidade. No entanto, não atende aos pré-requisitos para trabalho. Em contrapartida, em razão do desperdício relativamente elevado do sistema convencional, o Airmix possui uma alta qualidade, devido à presença de pequenas partículas.

Figura 14. Sistema de aplicação de tinta quanto a qualidade versus desperdício.

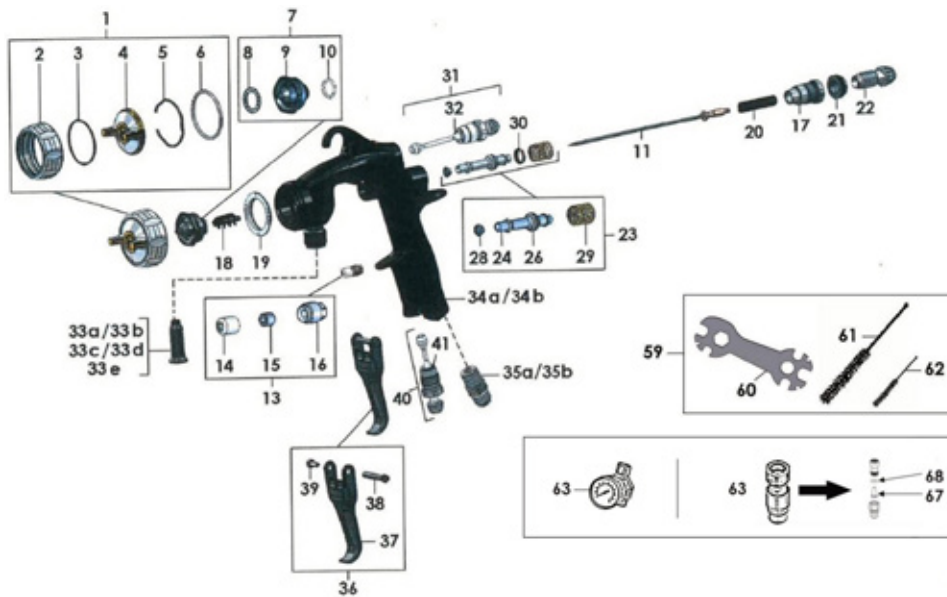


Fonte: Elaborada pelos autores (2021).

Nessa migração para a Sames Kremlin, o operador será beneficiado diretamente, pois o equipamento F-Pro Convencional possui uma melhor ergonomia, um acionamento do gatilho mais leve, além de uma redução no peso de 160 g. Em comparação ao equipamento de pintura da Devilbiss JGA-503, que pesa 640 g, a F-Pro Convencional pesa apenas 480 g. Esses fatores certamente influenciam no rendimento de produção do pintor. Com a redução de peso, névoa e consumo de tinta, tanto a empresa como o colaborador e o meio ambiente são favorecidos.

Na Figura 15, é possível visualizar melhor o equipamento por completo. Nos itens nove e 11, temos as peças de consumo, os bicos e as agulhas, pois estão em contato direto com a tinta. A vida útil desses materiais depende de muitas variáveis, como pressão de trabalho, cuidado do operador e limpeza, mas, principalmente, se deve ao tipo de tinta utilizada. Na aplicação em questão, a empresa trabalha com tintas de acabamentos intermediária e fundo à base de zinco, material extremamente abrasivo.

Figura 15. Vista explodida da F-Pro Convencional.



FONTE: <<https://bit.ly/3PPCRhV>>. Acesso em: 27 abr. 2022.

Aplicação e consumo de tinta no teste

Foram realizados três testes em corpos de prova, com diferentes tipos de tintas:

- Epóxi EPR 305 – tinta de fundo.
- PU N2677 – tinta de acabamento.
- PU HBA – tinta de acabamento.

A seguir, é possível visualizar o teste realizado na Figura 16, em que temos a JGA-503 e F-Pro Convencional, respectivamente. Trata-se de uma situação em que é bem visível a redução de nevoa para o ambiente.

Figura 16. Teste em corpo de prova JGA-503 (A) versus F-Pro Convencional (B).



FONTE: Gentilmente cedidas pela empresa.

Na Tabela 1, temos informações sobre os experimentos realizados, em que pode ser confirmada a maior taxa de transferência de tinta do equipamento da Kremlin em relação ao Devilbiss. Para chegar aos resultados da tabela, utilizou-se a Equação 2, com o objetivo de descobrir um valor a partir de outros três, ou seja, utilizando as informações, como o valor total de tinta consumida pela tinta aplicada, chegou-se à taxa de transferência.

$$\frac{Tinta\ consumida}{Tinta\ aplicada} = \frac{100\%}{Taxa\ de\ transferencia} \quad (2)$$

Tabela 1. Consumo de tinta.

Tinta	Equipamento	Tinta Consumida (g)	Tinta Aplicada (g)	Taxa de transferência (%)	Perda (%)	Diferença (%)
Epóxi EPR 305	F-Pro	95	60	63	37	7
	JGA-503	80	45	56	44	
PU N2677	F-Pro	125	85	68	32	10
	JGA-503	155	90	58	42	
PU HBA	F-Pro	55	40	73	27	6
	JGA-503	60	40	67	33	

FONTE: Elaborada pelos autores (2021).

Após os resultados obtidos com a regra de três, identificou-se as diferenças no consumo de tinta. A F-Pro Convencional da Sames Kremlin teve uma economia de tinta, em média, de 7,6% – valor que estava dentro do esperado.

Análise de retorno do investimento

Todos os equipamentos de alta tecnologia têm seu valor agregado, mas esse pode ser facilmente argumentado quando possuímos uma excelente economia de tinta.

Na Tabela 2, podemos visualizar os valores de aquisição dos equipamentos em questão.

Tabela 2. Custo unitário dos equipamentos.

Equipamento	Custo unitário (R\$)
F-Pro Convencional	3.605,19
JGA-503	2.924,32

FONTE: Elaborada pelos autores (2021).

A pistola de pintura F-Pro Convencional possui um valor de aquisição apenas 18,8% maior, quando comparado ao atual equipamento. Em contrapartida, oferece uma economia de tinta de 7,6%. Foi realizada uma análise com uma margem de segurança e, contando que os equipamentos oferecessem 7% de economia de tinta, seriam economizados R\$ 118.138,19 se fossem adquiridos 28 equipamentos.

Com base nessas informações, foi elaborado um *payback* para identificar qual seria o prazo de retorno do investimento, utilizando a Equação 1.

$$\text{Payback} = \frac{\text{investimento}}{\text{ganho na economia de tinta}} \times 12 \text{ meses} \quad (1)$$

$$\text{Payback} = \frac{100.945,32}{118.138,19} \times 12 \text{ meses}$$

$$\text{Payback} = 10,25 \text{ meses}$$

Para o desenvolvimento do retorno do investimento, utiliza-se como base o valor unitário do investimento de R\$ 3.605,19, sendo que a empresa tem interesse em adquirir 28 unidades, totalizando o valor do investimento de R\$ 100.945,32.

Assim, conclui-se que o retorno do investimento acontecerá em torno de dez meses, ou seja, os equipamentos irão se pagar com a economia de tinta em menos de um ano, o que é considerado um excelente *payback*.

Considerações finais

Por meio deste estudo, pode-se concluir que a pintura industrial é um método de proteção anticorrosiva extremamente eficiente. É um processo cauteloso, iniciado com o tratamento da superfície, seguido da aplicação de tintas de fundo, intermediária e finalizada com o acabamento.

Foi possível demonstrar que uma simples troca por um equipamento mais sofisticado pode gerar uma boa economia de tinta – nesse caso, um percentual de 7,6%, com um retorno do investimento abaixo de um ano e chegando ao valor total de R\$ 118.138,19. Fica evidente o quão importante é a análise de retorno do investimento, assim como os testes realizados; não é perda de tempo nem dinheiro jogado fora. Nesse caso, todo o trabalho realizado tornará a empresa mais competitiva, pois estão agregadas a inúmeras vantagens.

De tudo o que foi exposto ao longo deste artigo, pode-se observar que o setor da pintura industrial tem enorme relevância, não apenas pelo seu valor econômico, mas essencialmente pela importância de proteger o bem da ação anticorrosiva, obtendo, assim, uma maior vida útil.

É importante ressaltar que o processo de evolução deve ser contínuo. Da mesma forma que foi encontrada uma redução no consumo de tinta, devem ser desenvolvidos outros meios para auxiliar a empresa, os colaboradores e o meio ambiente.

Referências

ANGHINETTI, I. C. B. **Tintas, Suas Propriedades e Aplicações Imobiliárias**. Monografia (Especialização em Construção Civil) – Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2012. p. 165. Disponível em: <https://bit.ly/3z6H2zS>. Acesso em: 27 abr. 2022.

BOIÇA, R. N. **Ferramentas de Melhoria da Qualidade Aplicadas a um Processo de Pintura Industrial**. TCC (Graduação em Engenharia de Produção) – Centro de Tecnologia, Universidade Estadual de Maringá (UEM), Maringá, 2009. Disponível em: http://www.dep.uem.br/gdct/index.php/dep_tcc/article/view/1136. Acesso em: 27 abr. 2022.

FELTRIN, S. M. T. **Implementação de Ensaios Para Avaliação do Desempenho de Tintas Imobiliárias**. Relatório de estágio (Bacharelado em Química) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2004. Disponível em: <https://bit.ly/3ITGPZh>. Acesso em: 27 abr. 2022.

GARCIA, P. H. L. **Caracterização de uma tinta com alto teor de zinco quanto à proteção oferecida a substrato de aço carbono durante imersão em meios aquosos**. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1999. Disponível em: <https://bit.ly/3Guuzb4>. Acesso em: 27 abr. 2022.

GNECCO, C.; MARIANO, R.; FERNANDES, F. **Tratamento de Superfície e Pintura**. Rio de Janeiro: IBS/SBCA, 2003. Disponível em: <https://bit.ly/3PSl0af>. Acesso em: 27 abr. 2022.

MARQUES, R. L. **A química das tintas como contexto para o ensino de química do ensino médio**. Monografia (Licenciatura em Química) – Departamento de Química Orgânica e Inorgânica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufc.br/handle/riufc/48905>. Acesso em: 27 abr. 2022.

MARTINS, A. R. C. V. **Concepção e simulação de um sistema robótico para operações de injeção de volantes**. Dissertação (Mestrado Integrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade do Porto, 2016. Disponível em: https://sigarra.up.pt/fep/pt/pub_geral.show_file?pi_doc_id=65482. Acesso em: 27 abr. 2022.

NUNES, L. de P.; LOBO, A. C. O. **Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva**. 4. ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2012.

FERREIRA, C. P. da S. **Caracterização do sector de tintas e vernizes em Portugal: visão sobre o futuro**. Projeto (Mestrado em Gestão de Empresas) – Departamento de Finanças, Instituto Universitário de Lisboa, 2017. Disponível em: https://repositorio.iscte-iul.pt/bitstream/10071/16195/4/master_carla_silva_ferreira.pdf. Acesso em: 27 abr. 2022.

KONDLATSCH, L. H. **DT 12 – Treinamento: Pintura Industrial com Tintas Líquidas**. WEG, 2018a. Disponível em: https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h7c/h96/Apostila-DT-12-Tinta-l-quida_2018.pdf. Acesso em: 27 abr. 2022.

KONDLATSCH, L. H. **DT 13 – Treinamento: Pintura Industrial com Tintas em Pó**. WEG, 2018b. Disponível em: https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h56/h74/Apostila-DT-13-Tinta-p-_2018.pdf. Acesso em: 27 abr. 2022.

SERRA, E. T. Corrosão Pelo Solo – Parâmetros, Critérios de Corrosividade e Proteção Anticorrosiva. **Revista Corrosão & Proteção**, Rio de Janeiro, ano 15, n. 64, set./out. 2018.

SILVÉRIO, A. F. D. **Desenvolvimento de um novo revestimento polimérico utilizado pentóxido de níbio a partir do ácido níobico como prepulsor**. TCC (Bacharelado em Química Tecnológica) – Departamento Acadêmico de Química e Biologia (DAQBI), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/9172>. Acesso em: 27 abr. 2022.

ROZENFELD, H. *et al.* **Gestão de desenvolvimento de produtos**: uma referência para a melhoria do processo. São Paulo: Saraiva, 2006.

IMPLANTAÇÃO DA METODOLOGIA TPM NA ÁREA DE PRESTAÇÃO DE SERVIÇOS: estudo de caso sobre a adequação de processos em um banco digital

Implementation of the TPM methodology in area of service provision: case study about processing processes in a digital bank

Danielle da Silva Carvalho ¹

Resumo: Este artigo tem como principal finalidade analisar a adequação de processos de um banco em segmento de banco digital, com base na avaliação para implementação da metodologia de Manutenção Produtiva Total (TPM, sigla do inglês *Total Productive Maintenance*), a fim de compreender a adaptação do conceito de manutenção para a produção de serviços, nesse caso, no ecossistema das *fintechs*. Revisitando a literatura, para melhor compreensão do sistema, e convertendo o conceito para sustentação tecnológica, avaliou-se uma organização para diagnóstico e posterior estudo de caso com vivência *in loco*, culminando na proposta de medidas preparatórias para a implementação da metodologia e suas diretrizes na instituição, de forma eficiente e que reflita em melhores resultados e, conseqüentemente, um diferencial competitivo. Faz-se referência ao processo de um ecossistema tecnológico-financeiro, que deve estar sempre disponível para o acesso de seus clientes, e à busca por fatores de equilíbrio entre os pilares TPM, que pode tornar sustentável e excelente o serviço prestado.

Palavras-chave: Metodologia TPM. Banco digital. Disponibilidade.

Abstract: This study has as main purpose to analyze the adequacy of processes of a bank in the segment of digital bank based on the evaluation for the implementation of the Total Productive Maintenance (TPM) methodology, it is possible to understand the adaptation of the concept of maintenance for the production of services, in this specific case, in the fintech ecosystem. Revisiting the literature, for a better understanding of the system and converting the concept to technological support, the organization was evaluated through diagnostic research and subsequent case study with on-site experience, culminating in the proposal of preparatory measures for the implementation of the methodology and its guidelines in the institution, efficiently and that reflects in better results to the institution and consequently a competitive differential. We refer to the process of a technological-financial ecosystem that must always be available for the access of its customers, and the search for balance factors between the TPM pillars can make the service provided sustainable and excellent.

Keywords: TPM methodology. Digital bank. Availability.

Introdução

Fazendo um resumo dos conceitos conhecidos da Engenharia de Produção, como 5S, Sistema Toyota de Produção (STP), *Just In Time* (JIT), ciclo PDCA (sigla do inglês *Plan, Do, Check, Act*, isto é, planejar, fazer, conferir e agir), entre outros, e seguindo a evolução imposta pela globalização, por meio da busca pela excelência nas operações, por meio da gestão de conhecimento e em conjunto com a gestão da qualidade. Passando da metade do século XX e adaptando técnicas japonesas de manutenção pela prevenção às paradas não programadas, instaurou-se o conceito de TPM, que visa à melhoria contínua por meio de planejamento, gestão e controle de processos, assim como a adequação das máquinas, desenvolvendo atividades que envolvam toda a corporação, colaborando para maior produtividade, melhor utilização de recursos, diminuição de perdas e falhas de processo e melhores resultados.

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSELVI. Rodovia BR 470 – km 71 – nº 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC. Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090. Site: www.uniasselvi.com.br.

A preservação de equipamentos, melhores práticas de uso e processos definidos mantém a cadência da produção no ritmo projetado para o melhor cenário, sem paradas por quebra ou falha, perda ou afastamento de recurso humano por mau uso, podendo, assim, prever positivamente as projeções de resultados. A busca pela eficácia e pela eficiência concomitante ao processo produtivo, em paralelo ao custo-benefício da arquitetura desenvolvida para o ciclo produtivo, exige a possibilidade de uso máximo do ativo que compõe o patrimônio corporativo e sua vida útil, agregando valor à empresa, a suas marcas e seus produtos, e, conseqüentemente definindo um diferencial competitivo de mercado.

Tendo a prevenção como palavra de ordem, as atividades relacionadas à TPM são guiadas pela antecipação de possíveis incidentes e acidentes que a falta de gerenciamento contínuo de equipamentos e processos pode causar. O plano é sempre ter a infraestrutura completamente disponível para a operação da produção como um todo e sem interrupções, por meio de ações de compartilhamento de responsabilidades, de forma a atingir a estrutura corporativa, de cima para baixo (do alto escalão ao chão de fábrica), com o engajamento necessário, o funcionamento da gestão da informação pela disseminação e multiplicação de conhecimentos (capacitações e treinamentos) obrigatórios e necessários para melhores práticas de operacionalização e, com base nessas ações, atuar de forma contínua na gestão de indicadores que possibilitarão uma ação não reativa, e sim preventiva diante do ciclo de produção ideal estabelecido.

Assim, a metodologia de TPM é um direcionador de esforços para o bem comum: resultados positivos, que podem ser previamente projetados, geridos e acompanhados como consequência de ações de planejamento estratégico, com base na otimização e no realinhamento de processos e atividades, criando um constante ciclo de oportunidade de coexistência das manutenções preventivas, corretivas e preditivas, e garantindo o pleno e seguro funcionamento da estrutura produtiva.

Os pilares de desenvolvimento que sustentam a metodologia de TPM envolvem múltiplas segmentações, como as áreas de segurança, administrativa, qualidade, operacional, gestão e controle, e são aplicáveis tanto na indústria quanto na prestação de serviços. Entretanto, neste último caso, não encontramos muitas obras a respeito, uma vez que a produção de serviços busca uma metodologia de sustentação, proporcionando a disponibilidade do serviço pelo período definido, logo, a mensuração da adaptação, assim como a definição de impactos no processo de implementação de TPM, é bem mais complexa, embora não menos importante.

Como objeto de pesquisa deste artigo, faremos a avaliação de um conglomerado de prestação de serviços bancário-financeiros, um banco integralmente digital, pertencente ao ecossistema das *fintechs*, consolidado no mercado e com histórico de quase 50 anos de atuação. Por meio de um questionário submetido aos gestores, composto de perguntas fechadas de múltipla escolha, em escala Likert de cinco pontos, conforme estudo efetuado por Gomes, Mendonça e Lima (2002), ocorrerá a avaliação de adequação da instituição aos pilares da TPM, coordenando estrategicamente uma posterior proposta de melhoria no processo e/ou a implementação de nova metodologia da TPM e a orientação básica de plano diretor.

A metodologia utilizada neste artigo é composta de validação bibliográfica, feita pela revisão da literatura existente sobre os temas combinada com o formulário de pesquisa estratégica que fornecerá dados qualitativos e quantitativos, em conjunto com um estudo de caso. Justificando este estudo, em busca simples na base de artigos da Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes), referente a trabalhos sobre a TPM na área de prestação de serviços, localizam-se menos de dez artigos, em sua grande maioria relacionados à área hospitalar, demonstrando o livre ambiente para fomentar estudos acadêmicos nesse setor promissor e que cada vez mais tem ganhado espaço no mercado.

Socialmente, a pesquisa é fundamental, uma vez que fornece à população como um todo dados para recepção desse mundo moderno e digital, com soluções tecnológicas financeiras, facilitando até mesmo a adaptação à globalização, contribuindo para um maior e facilitado acesso às plataformas bancárias, colaborando para a redução da circulação de moeda e, conseqüentemente, fornecendo uma experiência mais segura.

O estudo de caso visa a diagnosticar a necessidade de implementação da metodologia da TPM na prestação de serviço financeiro oriunda de um banco digital, por meio da vivência *in loco*, para entendimento dos processos da área de tecnologia, a qual podemos analogicamente chamar de “coração do banco”, uma vez que a sustentação da prestação de serviço ocorre nessa área. Entendendo o funcionamento da engrenagem tecnológica que permite que a plataforma digital esteja disponível, foi possível mapear os processos e confrontá-los com a resposta à pesquisa proposta, para diagnosticar, então, a melhor forma de manter o serviço, correlacionando os processos à metodologia da TPM.

Manutenção Produtiva Total (TPM)

É inegável a incessante busca por diferenciais competitivos no mercado em geral, e as atividades de manutenção são, fundamentalmente, parte disso. Compreendendo que prevenir, produtivamente falando, acarreta menor custo quando comparado a corrigir e, conseqüentemente maior produtividade de forma geral, observamos a incorporação de ações preditivas e preventivas às ações corretivas: trata-se do conceituado modelo estratégico do sistema de TPM, que rege a gestão da produção para otimização de resultados. Segundo Netto (2018, p. 75):

As ferramentas de gestão trabalham os princípios da *Total Productive Maintenance* (TPM) ou, em português, Manutenção Produtiva Total, é um método de gestão desenvolvido, inicialmente, no Japão, pelo Japan Institute of Plant Maintenance, também conhecido por JIPM, que busca identificar todas as perdas geradas nos processos produtivo e administrativo e melhorar a utilização dos ativos da produção.

Possíveis paradas de operação para correção de maquinário por causas diversas foram responsáveis por voltar a atenção para a eliminação e/ou mitigação dessas causas para a salvaguarda dos resultados produtivos das operações, uma vez que, eliminando as possíveis causas, conseqüentemente, extinguem-se os danos, as quebras e, por sua vez, as paradas, colaborando para melhores resultados. Contudo, precisamos compreender que esse modelo estratégico vai além do conceito, tornando-se uma filosofia a ser incorporada na cultura das corporações produtoras, de forma abrangente e com o envolvimento de todos os segmentos, distribuindo e dividindo a responsabilidade sobre a produtividade e os resultados para todos os colaboradores, a fim de reafirmar a ideia de Coutinho (2017, s. p.) de que “a base para efetuar qualquer mudança ou melhoria nestes processos é a padronização, a consistência e a estabilidade: ambas conseqüências conquistadas por meio da implantação da ferramenta TPM”.

Segundo Slack *et al.* (2006, p. 494 *apud* NETTO, 2018, p. 76), a manutenção produtiva total pode ser definida como “a manutenção produtiva realizada por todos os empregados por meio de atividades de pequenos grupos” e não se restringe somente ao ambiente industrial, podendo ser ampla e eficientemente aplicada também na área de prestação de serviços.

Em um histórico simples da consolidação do conceito de TPM, é visível a evolução desde os anos 1950, quando, no período pós-guerra, a importância da manutenção, como parte da gestão do processo produtivo, se consolidou, assim como a aplicação da dinâmica industrial oriental e seus conceitos, à época, inovadores, pois era possível comprovar, na prática, a garantia de maior tempo de vida útil de seu maquinário, por meio da manutenção preventiva periódica, de acordo com o tempo de uso.

Posteriormente, a prática progrediu para a manutenção preditiva, em função das condições de uso do maquinário, em meados dos anos 1980. Desse modo, a simultaneidade das práticas de manutenção resulta em colaborações para a conservação de patrimônio ativo, assim como a diminuição de paradas, a redução da perda de insumos durante a produção, o menor risco de acidente de trabalho e afastamento ou a perda de recurso humano, bem como o aumento da produtividade na forma de melhoria contínua e manufatura enxuta, conforme aponta Coutinho (2017, s. p.) sobre a ferramenta TPM:

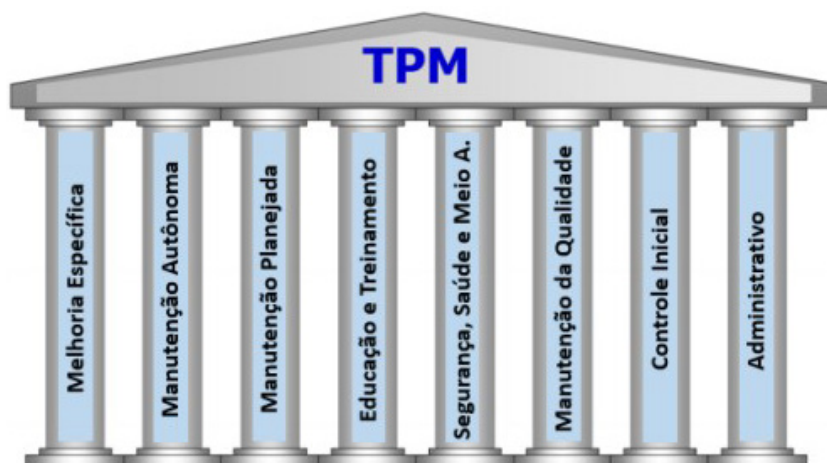
Como ações básicas colaborativas à TPM, devem-se envolver todos os colaboradores no cuidado aos equipamentos e seu manejo através do uso correto, seguro e de acordo com o processo predefinido pela empresa, assim conseguindo uma produção de qualidade e no prazo correto, eliminando ações corretivas (pós quebra) e demais operações que minimizem a produtividade total centralizando os esforços na gestão da prevenção e da perda zero. Além do envolvimento dos funcionários, é necessária também uma **mudança de postura e mentalidade**, a fim de que uma nova cultura organizacional seja estabelecida na empresa que deseja empregar a ferramenta TPM.

Segundo Souza (2001, p. 16), podemos simplificar o conceito da TPM demonstrando como é a sua atuação e a sua significância nas corporações produtoras:

No aspecto essencialmente conceitual, a Manutenção Produtiva Total, ou *Total Productive Maintenance*, significa a Falha Zero e Quebra Zero das máquinas ao lado do Defeito Zero nos produtos e Perda Zero no processo. Mais que um simples conceito, ela representa a mola mestra do desenvolvimento e otimização da performance de uma indústria produtora, através da maximização da eficiência das máquinas, com o envolvimento incondicional do capital humano.

Seguindo essa métrica, a TPM é conduzida por oito pilares (Figura 1): melhoria específica; manutenção autônoma; manutenção planejada; educação e treinamento; segurança, saúde e meio A.; manutenção da qualidade; controle inicial; e administrativo. Embasando a metodologia TPM, segundo Shingo (1996, p. 41), os processos podem ser melhorados de duas formas: “aprimorando o produto e/ou os métodos de fabricação – neste último caso, definindo como melhorar a produção pela melhoria contínua do processo produtivo e de suas tecnologias, o que envolve também toda a parte de manutenção, por intermédio dos três princípios da metodologia: melhoria das pessoas, melhoria dos equipamentos e qualidade total”.

Figura 1. Os pilares da metodologia TPM.



FONTE: Adaptada de Silva; Derzi (2016, p. 4)

Esses pilares compõem o sistema produtivo e atuam para redução ou inexistência de gargalos e restrições, propostos pelas possíveis perdas. Em comum com o conceito *Lean Manufacturing* (manufatura enxuta), a TPM tem como objetivo principal o combate de desperdícios (perdas), atuando nessa segmentação de pilares, concomitantemente aos quatro princípios fundamentais da *Lean* e adotando os pilares JIT e Jidoka, com o conceito *Takt Time* e a filosofia Kaizen. Para Coutinho (2017), a incorporação da metodologia TPM no sistema *Lean* busca a estabilidade necessária para o funcionamento do modelo enxuto, atuações que devem ocorrer sobre cada perda e que foram segmentadas para melhor atuação, conforme ilustrado na Figura 2.

Figura 2. As seis perdas para ação da TPM.



Fonte: <<https://bit.ly/3Gxf1mQ>>. Acesso em: 16 jun. 2020.

A aplicabilidade de pilares da TPM, como fios condutores da implementação dessa metodologia, vai ao encontro de seus objetivos, alinhados especificamente para justificar sua aplicabilidade e o quanto se complementam. O Quadro 1 descreve, de forma genérica, os objetivos de cada pilar.

Quadro 1. Os pilares da TPM e seus objetivos.

Pilar	Objetivos
1. Melhoria específica	Identificar e explorar perdas para atuar
2. Manutenção autônoma	Aumento da performance
3. Manutenção planejada	Elaborar e adequar planos de manutenção
4. Educação e treinamento	Desenvolver e multiplicar conhecimento e habilidades de melhores práticas de uso
5. Segurança, saúde e meio ambiente	Zero acidente de trabalho e zero agressão ao meio ambiente
6. Manutenção da qualidade	Redução de perdas por questões de qualidade
7. Controle inicial	Suporte à aquisição de novos equipamentos
8. Administrativo	Otimização dos processos administrativos

Fonte: Elaborado pela autora (2021).

A proposta de implantação do sistema é geralmente dividida em quatro fases, segundo Nakajima (1989):

- Preparação: envolve a decisão, do alto escalão, em implementar, assim como a definição da estrutura TPM a ser adotada e suas diretrizes, de acordo com sua realidade e seu nicho de mercado, além dos devidos treinamentos e capacitações iniciais de cunho preparatório.
- Introdução: dá-se no processo de engajamento dos colaboradores, parceiros e clientes, com a passagem de conhecimento das diretrizes definidas no processo de preparação.
- Implantação: dá-se com a prática dos oito pilares, de forma constante e altiva.
- Consolidação: consolida-se no processo de melhoria contínua, quando, por meio da análise das ações, são propostas melhorias e aprimoramentos de processos.

Para este estudo, a aplicabilidade dos conceitos é adaptada ao ecossistema das *fintechs*, cenário cujas perdas e paradas de produção de serviço indicam a sua indisponibilidade ao cliente final, sendo traduzidas em falhas tecnológicas que variam de falhas no sinal de internet a erros de processamento, além de falhas de acesso aos servidores ou falta de atualização ou certificação dos sistemas do *core banking*, mais bem descrito na sequência.

Bancos digitais

Em 1964, foi criado o Sistema Financeiro Nacional, com seu órgão regulador, o Conselho Monetário Nacional (CMN), e o operador Banco Central do Brasil (Bacen), regidos pela Lei nº 4.595, de 31 de dezembro de 1964 (BRASIL, 1964), com o intuito de, em conjunto, estimular o equilíbrio do desenvolvimento do país, garantindo poder de compra de moeda e solidez sistemática, e corroborando com as diretrizes político-monetárias de progresso econômico e social do Estado (MARTINS, 2011).

Quando se fala em bancos digitais, faz-se referência à inovação que o Sistema Financeiro Nacional agregou, uma vez que os negócios na área financeira, com a integração entre tecnologia e recursos digitais, se expandiram de forma a possibilitar a prestação de múltiplos serviços por instituições antes inviáveis (DE ALBUQUERQUE; DINIZ; CERNEV, 2014).

O papel do banco digital é garantir a segurança de seus clientes simultaneamente com a segurança financeira do sistema monetário como um todo, com base na Lei Geral de Proteção de Dados (BRASIL, 2018) e na Lei de Prevenção à Lavagem de Dinheiro (BRASIL, 1998), que regem processos internos de cunho, garantindo a saúde financeira das instituições e, consequentemente, de seus correntistas.

Os bancos digitais, mais conhecidos como *fintechs*, são conceituados, por Lopes e Zilber (2017), como *startups* que utilizam do combinado tecnologia e gestão de ponta para fornecer serviços bancários ágeis, com recurso operacional reduzido. Tais organizações aplicam tecnologias variadas de múltiplas características, diversificando a atuação com reflexo nos inúmeros e plurais produtos financeiros digitais existentes.

Faz-se necessária também a compreensão do conceito de manutenção aplicada à prestação de serviço nessa área específica, uma vez que a infraestrutura digital central de uma *fintech* é o seu *core banking*.

Core banking é o sistema tecnológico que auxilia as instituições bancárias na tarefa de integrar serviços e criar uma estrutura simplificada e prática para as operações financeiras (STEFANINI GROUP, 2019). Nesse sentido, o setor bancário “se transformou em uma área que oferece toda uma gama de produtos e serviços voltados para a economia pessoal e empresarial.

O *core banking* realiza, justamente, a integração de todas as atividades inerentes ao sistema bancário” (STEFANINI GROUP, 2019, s. p.) e agrega soluções inovadoras para o atendimento às demandas de serviços abrangentes e úteis que o método digital e/ou *mobile* oferece.

Metodologia

Como enunciado anteriormente, a aplicação do formulário de pesquisa, criado por Gomes, Mendonça e Lima (2002), como instrumento de avaliação de adequação da instituição aos pilares TPM, constitui, em combinação com o estudo de caso *in loco*, a metodologia deste trabalho.

Posteriormente, propõe-se a melhoria no processo e/ou a implementação da nova metodologia de TPM e a orientação básica para a construção do plano diretor adequado.

A vivência no ambiente foi conduzida pela Analista de Governança de Tecnologia da Informação (TI), responsável pelos processos da área de tecnologia, que apresentou a instituição, respondeu ao questionário e validou a análise e a proposta de incursão da metodologia gestora.

O formulário utilizado contém 64 questões, subdivididas por pilares da TPM, oito perguntas para cada pilar, cujas respostas compreendem a escala Likert, podendo atingir a pontuação mínima de oito e máxima de quarenta pontos por segmento. Nesse caso, será considerada a seguinte escala aplicada:

- de 8 a 15 pontos – não aceitável (NA);
- de 16 a 23 pontos – insuficiente (I);
- de 24 a 31 Pontos – satisfatório (S);
- de 32 a 40 pontos – implementado (IM).

Posteriormente, ela será convertida em uma matriz de correspondência, de acordo com as definições predefinidas no Quadro 2.

Quadro 2. Matriz de correspondência de diagnóstico potencial.

Faixa de pontuação	Estabilidade dos pilares da TPM – fase sugerida	Diagnóstico potencial
8 a 24	Pilares sem qualquer sustentação; estabilidade comprometida.	Faixa de alta instabilidade dimensional e estrutural dos pilares. Ações e práticas de manutenção parecem ocorrer apenas reativamente, comprometendo, assim, os processos de aprendizagem, incorporação e disseminação da TPM.
25 a 28	Sensibilização para a busca de estabilidade dimensional e estrutural dos pilares.	Pode-se afirmar, de forma presumível, que as organizações nessa faixa de pontuação apresentam-se em fase de sensibilização, na qual ações e práticas para estabilidade dos pilares da TPM são existentes, porém ainda timidamente percebidas e implementadas.
29 a 32	Pressupõe o início de um processo de consolidação e aprimoramento técnico-conceitual das bases de sustentação dos pilares da TPM.	Percebe-se que a consolidação e o aprimoramento técnico-conceitual, aliados à intensificação das ações, são vertentes em fase de expansão e tendem a oferecer maior grau de estabilidade aos pilares da TPM. Entretanto, resquícios de reatividade ainda podem ser evidenciados.

33 a 36	Ações e práticas plenamente consolidadas; os pilares apresentam estabilidade conceitual, dimensional e estrutural.	A organização confirma a consolidação da estabilidade e a sustentação dos pilares de TPM. A preditividade e proatividade provavelmente já são práticas incorporadas pelos agentes na execução da maioria dos processos.
37 a 40	Estabilidade e sustentação são exercidas em nível de excelência.	Estágio de sustentação e estabilidade extremas. A organização faz por merecer o título de “ <i>world class</i> ” nas práticas da TPM.

Fonte: Adaptado de Gomes; Mendonça; Lima (2002, p. 6).

Posteriormente ao diagnóstico, propõe-se a possibilidade de estabelecer ações de melhoria, vislumbrando o panorama real instaurado na organização e almejando a estabilidade que colabora para a saúde corporativa – isso permite a ilustração de situações suscetíveis a melhorias para consolidação da estabilidade proposta pela metodologia.

Resultados e discussão

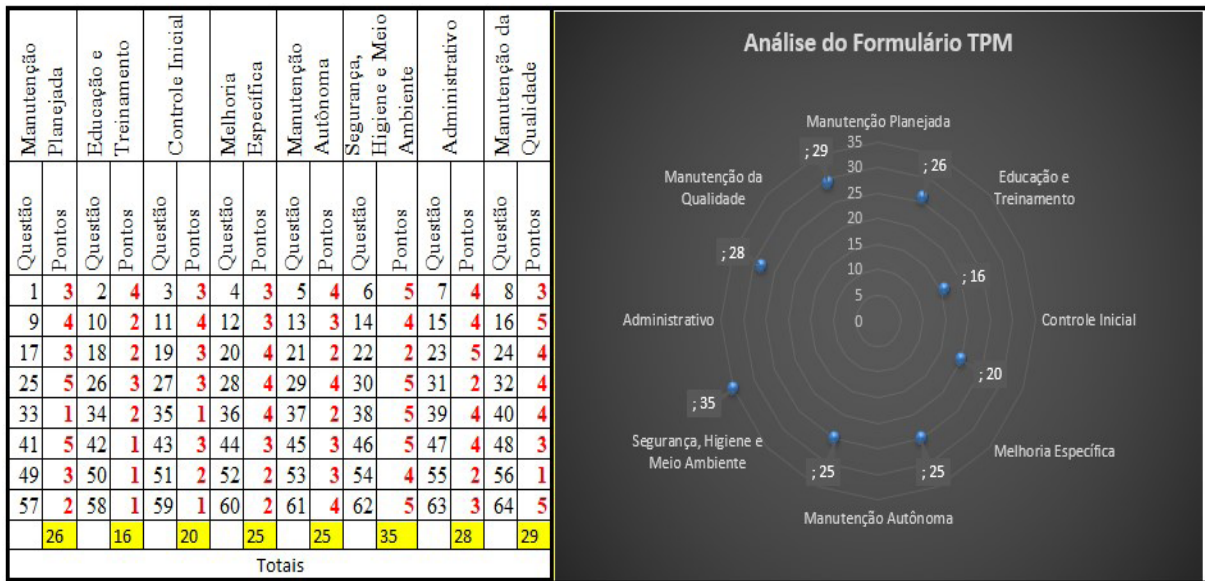
Após o retorno da pesquisa e efetuado o estudo *in loco* da estrutura bancária digital, por meio da área de Governança de TI, foi possível compreender o cenário e efetivar a análise quantitativa, oriunda dos dados coletados na pesquisa.

O entendimento da presença do *core banking*, que reúne, além das transações ditas comuns, como saques, transferências e pagamentos, alguns agregados como pagamento de convênios (contas de consumo e suas concessionárias) e recarga de celular, além de produtos atrelados à conta (por exemplo, produtos de crédito, como cartão, crédito direto ao consumidor [CDC] e empréstimo), deixa claro que, no mundo digital, financeiramente falando, chamamos o serviço de manutenção de sua prestação como de sustentação. O conceito está diretamente atrelado à área de TI da instituição, uma vez que, sem esse recurso de mão de obra qualificada em constante atualização, se torna inviável a manutenção do serviço disponível à população.

Desse modo, precisamos analisar, de forma especial, esses conceitos de manutenção existentes, dedicando-os exclusivamente ao cenário em questão, para um melhor aproveitamento do estudo.

Com os dados retornados do formulário aplicado (Figura 3), temos a pontuação atingida para cada pilar (gráfico em forma de radar à direita na Figura 3).

Figura 3. Análise quantitativa da pesquisa aplicada.



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Apuramos, então, o total de pontos, que ilustra maior engajamento nas questões ligadas à segurança, higiene e meio ambiente, que, na prática, se dá por intermédio de formulário de parceria com seus fornecedores, compreendendo seus conceitos ambientais e termo de responsabilidade, relacionado ao meio ambiente. O conceito de segurança mostra-se extremamente bem desenvolvido pelos departamentos de Segurança da Informação, Risco e *Compliance* (sendo este responsável pela conformidade com órgãos reguladores do nicho em que a instituição atua), áreas que agem ativa e incisivamente sobre assuntos que possam indisponibilizar o serviço prestado.

Como pontos de alerta, temos os pilares “Educação e Treinamento” e “Controle Inicial”, ambos com 50% ou menos do total possível em pontos, o que leva a refletir sobre o engajamento em estruturar a passagem de conhecimento e os mecanismos de controle, gestão e governança ineficazes, diante dos riscos de indisponibilidade do serviço aos clientes.

Devido ao órgão executor da regulamentação, Bacen, intempestivamente auditar o transacional bancário e cobrar sobre qualquer tipo de incapacidade de fornecimento de transações essenciais, tem-se o desenvolvimento de medidas paliativas para o atendimento imediato dessas solicitações, havendo ineficiente ação preditiva diante das situações que se apresentam.

Aplicando a segmentação pela quantidade de pontos por pilar, o Quadro 3 apresenta os conceitos de insuficiente (I), satisfatório (S) e implementado (IM), de acordo com a pontuação obtida na pesquisa realizada.

Quadro 3. Conceitos após a análise quantitativa da pesquisa.

Pilar	Descrição	Pontos	
1º	Melhorias individualizadas (específicas)	25	S
2º	Manutenção planejada	26	S
3º	Manutenção autônoma (<i>jishu hozen</i>)	25	S
4º	Educação e treinamento	16	I
5º	Controle inicial	20	I

6º	Manutenção da qualidade	29	S
7º	TPM <i>office</i> (administrativo)	28	S
8º	TPM Eco (segurança, saúde e meio ambiente)	35	IM

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Transcrevendo os dados obtidos à matriz de diagnósticos, há dois pilares fundamentais com diagnósticos preocupantes de estabilidade comprometida, com ações baseadas em manutenção reativa somadas ao comprometimento de demais processos, inviabilizando a implantação da metodologia de TPM: o pilar “Educação e Treinamento”, com 16 pontos, e o pilar de “Controle Inicial”, com somatório de 20 pontos.

Em ambos os casos, há a necessidade de uma atuação imediata e potente, por meio da implementação de ferramentas de gestão e de mapeamento de processos, para identificação de necessidade e efetividade de possíveis treinamentos e/ou capacitações, além da gestão da informação aplicada ao controle de novas contratações e/ou atualizações de sistemas, mediante suas documentações. Cabe destacar que o ecossistema em questão, contendo tecnologia e finanças com sua base de sustentação majoritariamente digital, deve se manter em constante modernização, em virtude da evolução tecnológica que vivemos na atualidade.

Já a existência de um pilar em nível de excelência, pela estabilidade e sustentação, pode ser destacado positivamente, existindo total gerenciamento eficaz sobre os termos de “Segurança, Saúde e Meio Ambiente”, reflexo da atuação do departamento Jurídico, de *Compliance* e de Segurança da Informação – todos com diretrizes bem normatizadas e operações em conformidade com essas diretrizes, totalizando 35 pontos.

Então, com cinco pilares, a maioria com a pontuação diagnosticando a organização em fase de conscientização e incorporação dos conceitos da metodologia com o conceito satisfatório, ainda sem ação eficaz e timidamente ativa em processos pontuais, é visível que o conceito não seja totalmente desconhecido pela instituição – conforme ilustrado anteriormente na Figura 3 e no Quadro 3.

Considerando o sucesso da metodologia e a constante média harmônica na pontuação entre os pilares, devemos compreender que a estabilidade se dará na avaliação com o mínimo de variações entre os pilares, preferencialmente acima de 37 pontos, mas a projeção inicial e o plano diretor da implementação da metodologia podem prever uma inserção gradual e um crescimento de acordo com a conscientização e o engajamento em busca da indisponibilidade zero dos serviços prestados.

Considerações finais

Com base na pesquisa, vivência e no entendimento do ecossistema *finotech* e incorporando o conceito de manutenção como sustentação da prestação de serviço, conseguimos avaliar que a instituição estudada está aquém das expectativas de conformidade, quando o assunto é a metodologia TPM. Avaliando os dados obtidos, identificamos instabilidade diante dos conceitos dos pilares da TPM.

Foi proposta uma ação de planejamento estratégico diante das duas segmentações mais impactadas (“Educação e treinamento” e “Controle Inicial”), atuando enfática e incisivamente em mapeamento de processos, para identificação de gargalos e falhas nos processos, a fim de desenhar um esboço de projeto de implantação da metodologia, seguindo as premissas básicas e a identificação de possíveis perdas (situações de indisponibilidade) para uma atuação obje-

tiva. Um plano macro de ações segregadas deve visar à projeção gradual de equiparação e/ou ao equilíbrio entre os pilares no status satisfatório (S), para posterior projeto de implantação da TPM, buscando sempre o nível máximo de excelência.

Avaliando a pesquisa e o estudo apresentados, a instituição destacou a importância desse tipo de definição e metodologia para o cenário bancário, uma vez que os conceitos, normalmente adotados nas indústrias, dificilmente permeiam correlatos à prestação de serviços e são, constantemente, desconhecidos neste meio, tendo sido solicitada uma autorização para levar a conclusão deste estudo à equipe diretiva da *fintech*, pleiteando apoio nessa busca por aprimoramento e excelência na prestação de serviço financeiro.

Em consonância, concordamos com a importância deste estudo para além do ecossistema das *fintechs* ou bancos digitais, uma vez que, atualmente, até mesmo os bancos tradicionais atuam nas plataformas digitais, para atender às demandas de seus usuários, com total disponibilidade dos serviços e produtos oferecidos, levando a comodidade do *mobile* e oferecendo a segurança da não circulação de moeda, jamais esquecendo que os clientes (70% da população brasileira) buscam por diferencial – sendo a disponibilidade o principal deles.

Este estudo colabora para o cenário tecnológico atual, o desenvolvimento do ecossistema digital-financeiro e a experiência dos usuários, convertendo o conhecimento e a implementação de ações, regidos pelas diretrizes da metodologia TPM, em qualidade e excelência na prestação de serviço, podendo atuar, quiçá, sobre os 45 milhões de “desbancarizados” da sociedade brasileira, refletindo em aquecimento e desenvolvimento econômico do país.

Referências

BRASIL. **Lei nº 4.595, de 31 de dezembro de 1964.** Dispõe sobre a Política e as Instituições Monetárias, Bancárias e Creditícias, Cria o Conselho Monetário Nacional e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/14595.htm. Acesso em: 26 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 9.613, de 3 de março de 1998.** Dispõe sobre os crimes de “lavagem” ou ocultação de bens, direitos e valores; a prevenção da utilização do sistema financeiro para os ilícitos previstos nesta Lei; cria o Conselho de Controle de Atividades Financeiras – COAF, e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/19613.htm. Acesso em: 26 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018.** Dispõe sobre a proteção de dados pessoais e altera a Lei nº 12.965, de 23 de abril de 2014 (Marco Civil da Internet). Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2018/lei/113709.htm#art65. Acesso em: 26 abr. 2022.

BRASIL. **Lei nº 13.853, de 8 de julho de 2019.** Altera a Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018, para dispor sobre a proteção de dados pessoais e para criar a Autoridade Nacional de Proteção de Dados; e dá outras providências. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2019-2022/2019/Lei/L13853.htm#art1. Acesso em: 26 abr. 2022.

COUTINHO, T. O que é a ferramenta TPM (Manutenção Produtiva Total)? **Voitto**, 2017. Disponível em: <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/ferramenta-tpm>. Acesso em: 12 jun. 2020.

DE ALBUQUERQUE, J. P.; DINIZ, E. H.; CERNEV, A. K. **Mobile payments**: A scoping study of the literature and issues for future research. *Information Development*, v. 32, n. 3, p. 527-553, 2014. Disponível em: https://gvpesquisa.fgv.br/sites/gvpesquisa.fgv.br/files/arquivos/eduardo_henrique_diniz_mobile_payments_a_scoping_study_of_the_literature.pdf. Acesso em: 26 abr. 2022.

GOMES, N. D.; MENDONÇA, R. R. S.; LIMA, G. B. A. Manutenção Produtiva Total: Proposta de um instrumento de avaliação objetivando verificar o grau de adequação aos pilares da TPM. *In: XXII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais [...]* Curitiba, 23 a 25 de outubro de 2002. Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2002. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2002_tr45_0506.pdf. Acesso em: 10 jun. 2020.

LOPES, Y.; ZILBER, M. A. Inovação e Vantagem Competitiva. **Revista Inovação Tecnológica**, v. 7, n. 2, p. 28-45, jul./dez. 2018.

MARTINS, A. Q. **Acompanhamento & monitoramento da política pública do SFN**. Sistema Financeiro Nacional. 3º CCR. Procuradoria Geral da República. Ministério Público Federal, 2011. Disponível em: <https://bit.ly/3PR4XZZ>. Acesso em: 20 jun. 2020

NAKAJIMA, S. **Introdução ao TPM** – Total Productive Maintenance. São Paulo: IMC Internacional Sistemas Educativos, 1989.

NETTO, A. P. **Manutenção industrial**. Indaial: UNIASSELVI, 2018.

SHINGO, S. **Sistema Toyota de Produção**: do ponto-de-vista de engenharia de produção. Porto Alegre: Bookmann, 1996.

SILVA, A. M. da; DERZI, L. R. de G. Aplicação da ferramenta TPM para otimização da eficiência global em máquina de conformação de tampa básica de alumínio para latas de bebidas. *In: XXXVI ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO. Anais [...]* João Pessoa: ENEGEP, 2016. Disponível em: http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STO_226_316_29343.pdf. Acesso em: 18 jun. 2020.

SOUZA, J. C. **A manutenção produtiva total na indústria extrativa mineral**: a metodologia TPM como suporte de mudanças. Dissertação (Mestrado em Engenharia) – Universidade Federal de Santa Catarina (UFSC), Florianópolis, 2001. Disponível em: <https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/79463/179208.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 14 jun. 2020.

STEFANINI GROUP. Tudo o que você precisa saber sobre core banking. **Stefanini Brasil**, 2019. Disponível em: <https://stefanini.com/pt-br/trends/artigos/tudo-sobre-core-banking>. Acesso em: 16 jun. 2020.

PONTE TRELIÇADA: modelo Warren modificada

Lattice bridge: modified Warren model

Ostenildo Ribeiro Campos¹

Luciano da Silva de Souza¹

Vitor Ernesto Severino Ferreira¹

Ricardo Aurelio Cavalheiro Manarelli¹

Resumo: Desde o início da civilização, já eram utilizadas estruturas para fazer a ligação de um local a outro de difícil acesso. Para isso, utilizavam-se passagens naturais, como árvores caídas sobre rios e outros obstáculos. No entanto, com o tempo, o homem passou a construir estruturas mais sofisticadas, o que levou à projeção de diversos modelos de pontes – entre elas, as pontes treliçadas. Neste artigo, após a escolha do modelo de ponte treliçada, será apresentado como foram realizados os cálculos necessários no software FTool® e o projeto arquitetônico em Autocad para que não ocorressem falhas na construção da ponte. Na etapa seguinte, serão utilizados palitos de picolé, cola branca e outros materiais de apoio, e, após a construção, será realizado o teste de resistência, adicionando pesos, aos poucos, até uma carga de 79 kg, quando a estrutura romperá. O objetivo deste artigo é verificar, portanto, se a construção com base em cálculos corretos leva a uma excelente resistência das estruturas.

Palavras-chave: Palito de picolé. Treliza. Estrutura. Mecânica estrutural.

Abstract: Since the beginning of civilization, structures have been used to connect one place to another which is difficult to access. For this purpose natural passages, such as fallen trees over rivers and other obstacles were used. However, over the time, man started building more sophisticated structures, which led to the design of several bridge models, including lattice bridges. In this article, after choosing the lattice bridge model, we will show how calculations were carried out in the FTool® software and the architectural design in Autocad in order to avoid failures. For the next step Popsicle sticks, white glue and other support materials were used. After the construction, the resistance test was performed, adding little weights up to 79Kg of total load, when the structure broke. Therefore, it's concluded that construction based on proper calculations leads to excelente strength of structures.

Keywords: Popsicle stick. Lattice. Structure. Structural mechanics.

Introdução

Neste trabalho, verificou-se como funciona o processo de construção de uma ponte em treliça, bem como os conceitos físicos e matemáticos envolvidos, além da compreensão de como a ponte em treliça se comporta sob atuação do carregamento aplicado em sua estrutura.

A construção da ponte treliçada de palitos de picolé foi desenvolvida seguindo as normas utilizadas para construir uma ponte normal, para fluxo de pessoas e veículos. Para isso, seguiu-se um protótipo estrutural, desenvolvido nos softwares FTool®, Autocad® e Excel®, além dos conhecimentos sobre resistência dos materiais em Engenharia Civil. A construção dessa estrutura proporcionou uma melhor visão da realidade da construção de pontes e, conseqüentemente, o seu comportamento quando submetidas às diferentes forças que atuam ao longo do tempo.

Pesquisando matérias sobre normas acadêmicas e os diversos tipos de pontes, a ponte foi construída seguindo todos os preceitos necessários para que apresentasse a resistência necessária, diante das regras para construção da ponte de palito.

O desenvolvimento deste projeto teve por objetivo estreitar a ligação entre os conhecimentos teóricos e a prática. Para isso, foram utilizados softwares para cálculos estruturais, para

¹ Centro Universitário Leonardo da Vinci – UNIASSSELVI. Rodovia BR 470 – Km 71 – nº 1.040 – Bairro Benedito – Caixa Postal 191 – 89130-000 – Indaial/SC. Fone (47) 3281-9000 – Fax (47) 3281-9090 – Site: www.uniasselvi.com.br.

dar ao projeto uma melhor precisão dos resultados e uma melhor visualização. Além disso, é uma forma de capacitar os futuros profissionais de Engenharia Civil para exercer a profissão.

Referencial teórico

A construção de pontes tem sido realizada há muito tempo, sendo possível afirmar que é algo de grande relevância para a evolução da humanidade, já que une grupos separados por barreiras naturais, entre outros interesses. As primeiras pontes eram resultado da queda natural de árvores ou mesmo direcionadas pelos indivíduos, para facilitar a locomoção e reduzir distâncias entre pontos específicos. Posteriormente, adotou-se o uso de pranchas para execução de construção dessas pontes.

A resistência dos materiais propicia a seleção dos sistemas estruturais, dos materiais de construção, das proporções e dimensões dos elementos de uma dada estrutura, para que possam cumprir suas finalidades dentro de uma margem de segurança, com confiabilidade e durabilidade (DROPPA JR., 2017).

Com a evolução do aço como material de construção e o surgimento do concreto armado e protendido, foi possível construir pontes em arco com comprimento e vãos cada vez maiores. Além das pontes em arco, em vigas e de treliça, surgiram as pontes de viga caixão, suspensas, estaiadas e mistas.

Vigas treliçadas em madeira podem ser construídas com peças serradas ou roliças. Suas ligações podem ser feitas com parafusos, pregos, anéis, cavilhas, chapas metálicas com pinos ou com dentes estampados etc. Existem diversos tipos estruturais de treliças, como as treliças Pratt, Howe, King, Warren, Howe-Zhuravsky, Bowstring e o treliçado de Town, entre outros.

As estruturas treliçadas, dispostas em triângulos, podem ser feitas de materiais distintos, desde que ofereçam resistência mecânica. As treliças são exemplos de estruturas em que todas as barras são retas e rotuladas em suas extremidades (apontados como “nós”), de maneira que cada barra desenvolva somente força normal (constante), podendo ser de tração ou compressão (AZEVEDO *et al.*, 2016).

Para a execução desse tipo de estrutura, devem-se levar em conta as etapas de fabricação, proteção e manutenção ao longo do tempo e laje do tabuleiro, podendo ser posicionada na face superior ou inferior das treliças, de acordo com as diretrizes do projeto da ponte. De modo geral, esse tipo de sistema é considerado o mais econômico para altura entre 1/8 e 1/15 de vão.

Metodologia

Para a realização do projeto, foram utilizados os seguintes materiais, conforme verificado na Figura 2:

- 517 palitos de picolé de aproximadamente 115 mm de comprimento, 2 mm de espessura e 8,4 mm de largura.
- 200 g de cola.
- Material de apoio:
 - o Trena.
 - o Câmera fotográfica.
 - o Prendedores.
 - o Estilete.
 - o Serra.
 - o Alicates de corte.

Cálculo utilizado para o dimensionamento da ponte de palito

Cálculo de força de atuação:

$$\vec{F_r} = m \cdot \vec{a}$$

$\vec{F_r}$: Força resultante. A unidade no sistema internacional é o newton (N).

m : Massa. A unidade no sistema internacional é o quilograma (KG).

\vec{a} : Aceleração. A unidade no SI é o metro por segundo ao quadrado (M/S^2).

Assim o peso inicial a ser colocado foi estabelecido em: 50 kg.

A aceleração da gravidade foi estabelecida em $9,80665 \text{ m/s}^2$ (podendo ser arredondada para 10 m/s^2).

Utilizamos um fator de segurança de 40% para o dimensionamento da ponte, em que o cálculo encontrará:

$$\vec{F_r} = m \cdot \vec{a}$$

$$\vec{F_r} = 50 \cdot 10 = 500N$$

Logo, obtém-se como fator de segurança:

$$500 + 200 = 700N$$

Verificando-se o cálculo de aumento de percentual, para que fique bem exemplificado:

$$700 - 500 = 200$$

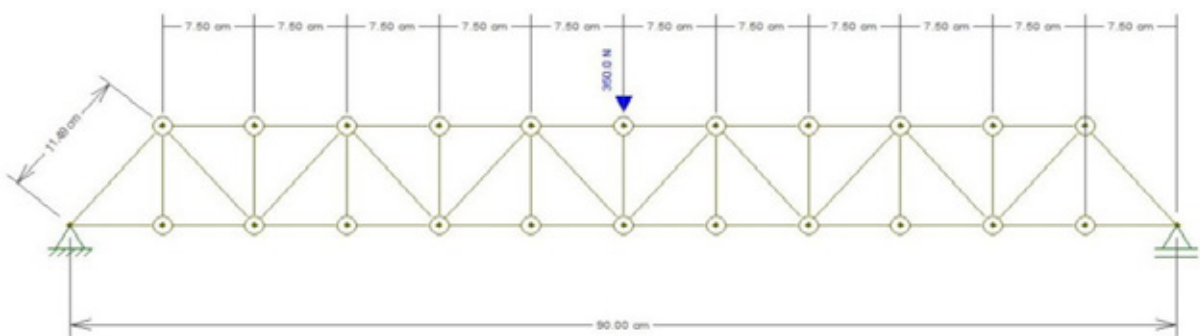
$$200 \div 500 = 0,4$$

$$0,4 + 100 = 40\%$$

Como a ponte contém duas faces laterais, com esse aumento de 40%, que equivale a 700 N, ela estaria superdimensionada. Então, deve-se dividir 700 N por duas faces, para que ela fique bem dimensionada:

$$700 \div 2 = 350 N$$

Figura 1. Representação no software FTool®.



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Como essa força age de cima para baixo, o ponto em que seria concentrada a carga ficará em -350N.

Propriedades mecânicas dos palitos de madeira

Dimensões dos palitos utilizados: 115 mm x 8,4 mm x 2 mm.

$$P_c = \frac{\pi^2 E I}{L^2}$$

Em que: **PC** é a carga crítica de compressão; **E**, o módulo de elasticidade; **I**, o momento de inércia da seção transversal; e **L**, o comprimento.

Módulos de elasticidade do palito: 7.350.

Cálculo para um palito:

$$B = \frac{BH^3}{12} = \frac{8,4 \times 2^3}{12} = 5,6 \text{ mm}^4$$

$$p_c = \frac{\pi^2 \times 7350 \times 10^6 \times 5,6 \times 10^{-12}}{0,115^2} = 30,7N$$

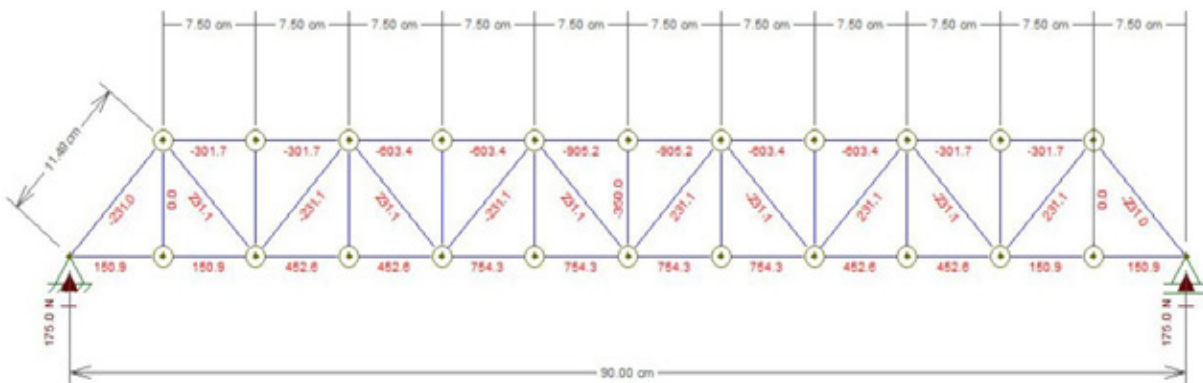
Cálculo para dois palitos:

$$= \frac{BH^3}{12} = \frac{8,4 (2 \times 2)^2}{12} = 44,8 \text{ mm}^4$$

Após fazer os cálculos e dimensionar a ponte no FTool® (Figura 2), verificou-se quantos palitos seriam necessários em cada barra:

$$p_c = \frac{\pi^2 \times 7350 \times 10^6 \times 44,8 \times 10^{-12}}{0,115^2} = 245,7N$$

Figura 2. Dimensões da ponte no FTool®.



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Após a realização dos cálculos necessários, a ponte foi construída seguindo o projeto arquitetônico.

Resultados e discussão

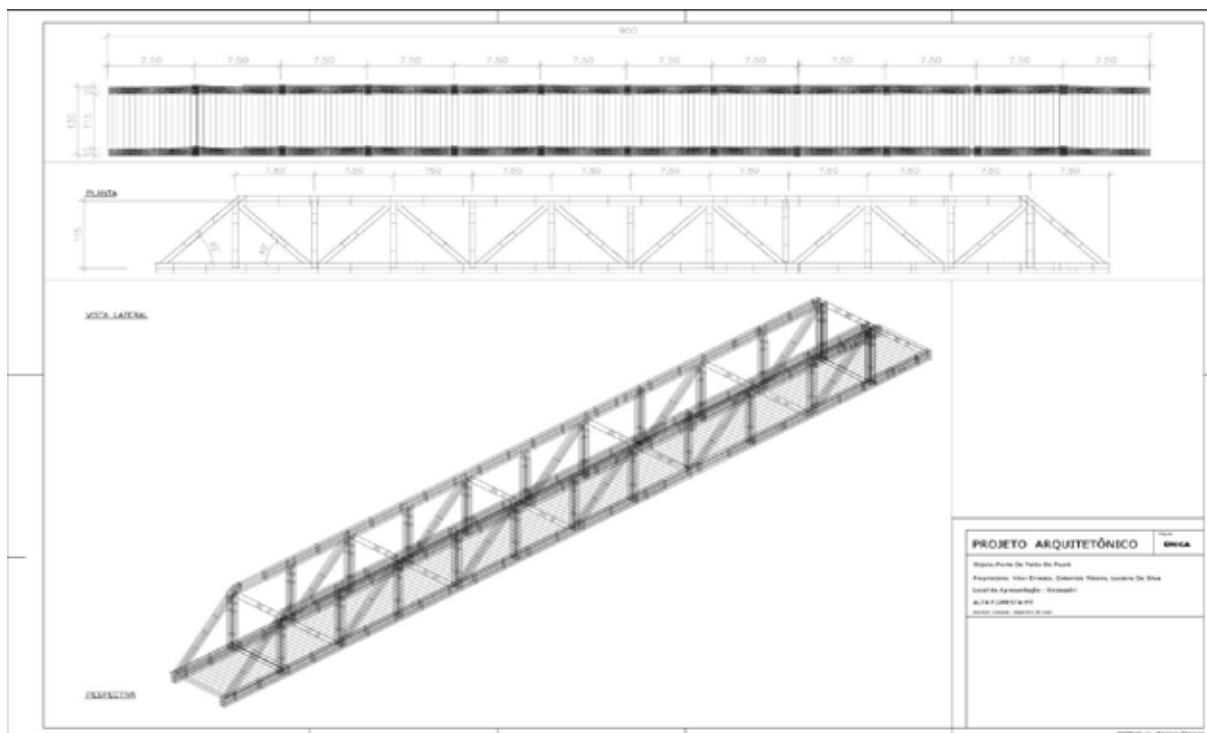
Após estabelecer a construção da ponte treliçada tipo Warren modificada, que se deu pelo fato de ser um modelo indicado para vãos longos, fez-se o dimensionamento da ponte de palitos no FTool® (Figura 3).

Após a junção de todas as estruturas de travamento, foram realizados os acabamentos necessários para reforçar a estrutura da ponte, além da base para o teste de resistência às forças

de tração e compressão (Figura 4). Todos os travamentos, incluindo os da parte superior, ou seja, aqueles em “x” nas extremidades, e a base para colocar o peso, para o teste de resistência às forças de tração e compressão, garantiram mais resistência à ponte.

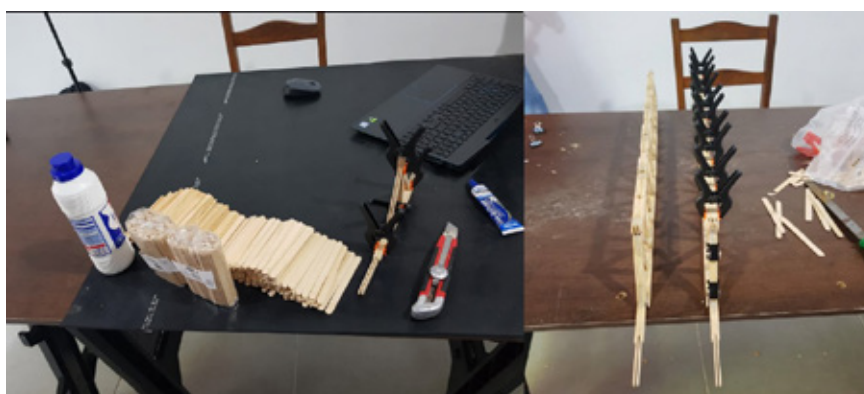
Na Figura 5, pode-se constatar a construção de estruturas de travamento verticais, transversais e horizontais, sendo utilizados prendedores para que a união dos palitos fosse perfeita, de forma a suportar as forças de tração e compressão.

Figura 3. Projeto arquitetônico ponte treliçada tipo Warren modificada de palito.



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Figura 4. Materiais utilizados para construção da ponte de palito.



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Figura 5. Confeção de partes das estruturas para construção da ponte.



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Figura 6. Estrutura completa da ponte treliçada de palito de picolé.



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Na Figura 7, verifica-se o teste de resistência. A ponte rompeu com uma carga de 79 kg, demonstrando que os cálculos foram bem feitos e que um bom sistema de travamentos das treliças faz a ponte resistir ao peso calculado previamente. Nesse caso, a carga calculada para a ponte foi de 70 kg, ou seja, ela resistiu a 9 kg a mais, reforçando, portanto, a necessidade da realização de cálculos para evitar acidentes posteriores.

Figura 7. Teste de resistência da ponte treliçada de palito de picolé.



Fonte: Elaborada pelos autores (2022).

Considerações finais

A construção da ponte de palito, mesmo sendo uma operação aparentemente simples, demanda muitos conhecimentos adquiridos ao longo do curso de Engenharia Civil. Sua confecção, feita de acordo com os cálculos previamente realizados, permite que a estrutura possa suportar a carga para a qual foi construída.

A ponte treliçada modificada de palito de picolé suportou uma carga de 79 kg, sendo 9 kg a mais que o calculado previamente a sua construção.

Referências

AZEVEDO, A. *et al.* **Projeto: Ponte de Palitos de Sorvete.** Trabalho Acadêmico (Graduação em Engenharia Civil) – União Metropolitana de Educação e Cultura, Lauro de Freitas, 2016. Disponível em: <https://www.docsity.com/pt/relatorio-mecanica-das-estruturas/4883249/>. Acesso em: 27 abr. 2022.

DROPPA JR., A. A importância do estudo da resistência dos materiais. **Toledo Prudente Centro Universitário**, 2017. Disponível em: <http://hs.toledoprudente.edu.br/blog-de-engenharia-civil/a-import%C3%A2ncia-do-estudo-da-resist%C3%A2ncia-dos-materiais>. Acesso em: 5 dez. 2020.

HARRIS, H. G.; SABNIS, G. **Structural Modeling and Experimental Techniques.** Boca Raton: CRC Press, 1999.

HEANEY, A. C. **The Versatile Structural Model Kit.** New South Wales: University of New South Wales, 1980.

WATANABE, F. Y. *et al.* Desenvolvimento de atividades de projeto nas disciplinas de “Iniciação à engenharia”. In: XXXVIII CONGRESSO BRASILEIRO DE EDUCAÇÃO EM ENGENHARIA. **Anais [...]** Fortaleza, 38., 2010.