

Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

José Mário Almeida Souza¹
Maura Esperança Massaroni da Fonseca²

RESUMO

Este artigo tem como objetivo apresentar aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas a vapor, considerando a necessidade de manter a qualidade para o funcionamento adequado das turbinas. Os rotores são peças fundamentais neste equipamento pois são eles que movimentam a turbina e devem ser compostos por vários estágios de palhetas. Estas, por sua vez, devem ser produzidas com máxima qualidade para que se possa obter uma turbina eficiente. O processo deve garantir a produção de rotores potentes e uma vida útil adequada as turbinas. Para que esse processo de produção de rotores ocorra de forma satisfatória, as empresas buscam aplicar sistemas de gestão de produção que consigam unir a eficiência do processo produtivo à habilidades essenciais dos trabalhadores para o sucesso das tarefas, sem desperdício, com agilidade e prezando pela qualidade. O presente estudo teve como questão-problema: como a empresa Turbinas Ltda. organiza seus processos de produção de rotores para garantir a qualidade das turbinas? Para tanto, o objetivo geral foi: compreender e avaliar esse fluxo de produção, destacando pontos passíveis de geração de divergências no padrão de qualidade estabelecido. A metodologia utilizada foi a revisão bibliográfica, descritiva, numa abordagem qualitativa, e a observação dos processos aplicados numa empresa do interior paulista. Os resultados apontaram mais pontos positivos do que negativos na implantação de células de produção, mantendo a qualidade nos serviços prestados.

Palavras-chave: palhetas; rotores; turbinas; gestão de produção.

Aspects of turbine rotor production management: a study in a metallurgy company in the interior of São Paulo

ABSTRACT

The research presented in this article aimed to address the production management of steam turbine rotors, considering the need to maintain quality for the proper functioning of the turbines. Rotors are essential components, as they are responsible for driving the turbine and must consist of multiple stages of blades. These blades, in turn, must be produced to the highest quality to avoid the risk of producing inefficient turbines. This process should ensure the production of powerful rotors and the longevity of the turbines. To achieve a satisfactory rotor production process, companies strive to implement production management systems that can integrate process efficiency with the essential skills of each worker for successful task completion, minimizing waste, ensuring agility, and prioritizing quality—though this is not always feasible. The study



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

posed the problem question: How does the company Turbines Ltda. organize its rotor production processes to guarantee the quality of the turbines? Consequently, the general objective selected was to understand and evaluate this production flow, highlighting areas that could lead to divergences from the established quality standard. The methodology employed was a descriptive literature review with a qualitative approach, alongside the observation of processes applied in a company located in the interior of São Paulo. The results indicated more positive aspects than negative in the implementation of production cells, while maintaining the quality of the services provided.

Keywords: blades; rotors; turbines; production management.

1 INTRODUÇÃO

Esta pesquisa teve como objetivo apresentar a gestão da produção de rotores numa indústria de turbinas a vapor do interior do estado de São Paulo, tendo como foco estudar o fluxo de produção de uma turbina a vapor em profundidade, mapeando todas as etapas do processo de montagem do motor, mais especificamente, a usinagem do rotor, que é considerado elemento essencial para seu funcionamento. As turbinas a vapor são equipamentos mecânico-rotativos de grande potencial, que geram energia de um fluxo de vapor e a convertem em trabalho útil. Muito utilizadas no ramo siderúrgico, como usinas de celulose, de álcool e açúcar e hidrelétricas, essas máquinas-ferramenta são compostas por vários acessórios que precisam de constante manutenção a fim de não reduzir a potência da turbina ou até mesmo evitar sua falha, o que seria desastroso, não só pelo comprometimento de sua capacidade de produção, mas também pelo alto custo investido.

Por esses motivos, a produção desse equipamento deve ser realizada de forma atenta e minuciosa, pois requer um processo composto por várias peças e componentes, tais como: rotor; palhetas; válvulas de regulação; válvula fecho-rápido; servo atuador; sistema de segurança e controle; mancais e selagem, muitos deles produzidos na indústria em questão, ora analisada. Nesse ponto, foram avaliados os micros-processos que compõem essa etapa, procurando destacar os procedimentos necessários para o atingimento dos níveis de qualidade estabelecidos.

A temática da pesquisa proposta foi selecionada pela atualidade do assunto, uma vez que as empresas têm utilizado equipamentos cada vez mais potentes e que funcionam com alta tecnologia, o que exige eficiência e qualidade dos produtores desses maquinários. Dessa forma, a pesquisa realizada pode ser relevante para profissionais que atuem em indústrias metalúrgicas, usinas de celulose e papel, usinas de álcool e açúcar e hidrelétricas, entre outras, onde a utilização de turbinas é essencial para o desenvolvimento das atividades.

Diante disso, a questão-problema da pesquisa foi: como a empresa Turbinas Ltda (nome fictício), organiza seus processos de produção de rotores para garantir a qualidade das turbinas? Para tanto, o objetivo geral selecionado foi: compreender e avaliar esse fluxo de produção, destacando pontos passíveis de geração de divergências no padrão de qualidade estabelecido.



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

Os objetivos específicos selecionados foram: pesquisar os conceitos relacionados à produção de rotores de turbina a vapor; investigar o processo de produção de rotores, considerando a qualidade das palhetas; analisar o sistema de gestão de produção realizado na metalúrgica estudada. A metalúrgica em questão, não teve seus dados revelados a fim de preservar seu anonimato, consistindo de uma metalúrgica de médio porte, importante no segmento e localizada no interior paulista.

Esse trabalho foi estruturado da seguinte forma: à introdução, segue-se a fundamentação teórica encontrada na revisão bibliográfica, definindo os conceitos utilizados sobre sistemas de produção, produção de turbinas à vapor, produção em linha, e células de produção; no terceiro tópico, foi descrita a metodologia do estudo; em seguida, os resultados do trabalho prático realizado na empresa Turbinas Ltda. E, por fim, são apresentadas as considerações finais do trabalho.

2 GESTÃO DA PRODUÇÃO DE ROTORES PARA TURBINAS A VAPOR

2.1 TURBINAS A VAPOR E SEUS COMPONENTES

A turbina é uma máquina rotativa que, do ponto de vista termodinâmico, converte a energia potencial (térmica ou de pressão) do vapor superaquecido em energia mecânica, utilizando a energia cinética gerada pela expansão do vapor nas lâminas do rotor (Marinho; Dias; Bomfim, 2016), podendo ser classificada em três tipos: turbinas de fluxo radial, axial e misto, dependendo do caminho que o vapor percorre entre a entrada e a saída da turbina (Cardoso, 2017). Na figura 1 é possível visualizar dois modelos de turbinas.

Figura 1 – Turbina modelo 35000 A e Turbina BT 25



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista



Fonte: Acervo do autor (2024)

Em essência, Cardoso (2017) esclarece que as turbinas a vapor são compostas por duas partes principais: o rotor e o estator, sendo que este é fixo e transforma a energia potencial (ou térmica) do vapor em energia cinética, enquanto o primeiro, que é móvel, converte essa energia cinética em energia mecânica. O gerador é acoplado ao eixo da turbina, onde a energia mecânica é transformada em energia elétrica (Cardoso, 2017).

As turbinas a vapor são máquinas-ferramenta utilizadas também em outras aplicações industriais e de transportes que não envolvem necessariamente a geração de energia elétrica: bombas, centrífugas, moendas, locomotivas ferroviárias, navios, submarinos etc. Marinho, Dias e Bomfim (2016) descrevem que a turbina a vapor tem



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

como principais componentes o rotor, as palhetas, os bocais, as caixas de válvulas, a carcaça e os parafusos de fechamento.

O rotor, também conhecido como roda, é composto por um conjunto de palhetas dispostas em torno do eixo da turbina, organizadas em fileiras. A figura 2 permite visualizar dois rotores forjados.

Figura 2 – Rotores cru somente forjados e finalizados para o cliente



Fonte: Acervo do autor (2024)

As palhetas são impulsionadas pela força motriz do vapor, fazendo o rotor vinculado ao gerador de energia girar, gerando a eletricidade. A fixação das palhetas ao eixo varia entre os fabricantes, sendo as configurações mais comuns o rabo-de-andorinha e o rabo-de-andorinha invertido, e o corpo da palheta é chamado de aerofólio (Cardoso, 2017). A figura 3 mostra carcaça da turbina e um rotor já encaixada nesta turbina.

Figura 3 – Carcaça da turbina e rotor já encaixado



Fonte: Acervo do autor (2024)

Cardoso (2017) descreve que, entre as fileiras de palhetas do rotor, há um conjunto de palhetas fixas, conhecidas como bocal, que direcionam o fluxo de vapor



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

para as palhetas móveis do rotor. Diz, ainda, que a geometria das palhetas fixas é projetada com precisão para otimizar a conversão de energia, garantindo que o vapor entre e saia do estágio na direção e velocidade adequadas (Cardoso, 2017). Na figura 4 as fileiras de palhetas do rotor podem ser visualizadas.

Figura 4 – Fileiras de palhetas do rotor



Fonte: Acervo do autor (2024)

O conjunto formado pelo rotor e o bocal é chamado de estágio. A partir das velocidades do vapor na entrada e saída desse estágio, de acordo com Lanzendorf *et al.* (2020), é possível calcular o trabalho mecânico teórico transmitido ao eixo da turbina, utilizando o polígono de velocidades e a equação de conservação do momento. A direção do fluxo é determinada pelo ângulo entre a velocidade do vapor e a direção axial, e a mudança nessa direção gera uma variação na quantidade de movimento do vapor, que é responsável pelo torque e, conseqüentemente, pelo trabalho mecânico (Lanzendorf *et al.* 2020).

Durante a expansão do vapor na turbina, tanto a temperatura, quanto a pressão do vapor diminuem, o que provoca um aumento no volume específico do vapor. Para manter a vazão mássica constante, a área de passagem do vapor precisa aumentar, resultando em palhetas que se alongam progressivamente da entrada até a saída da turbina. Em uma planta de geração térmica típica, costumam estar presentes três tipos de turbinas, organizadas em série: uma turbina de média pressão e uma ou mais turbinas de baixa pressão.

2.2 PROCESSO DE PRODUÇÃO DE ROTORES PARA TURBINAS A VAPOR

Os rotores das turbinas a vapor são os componentes mais críticos e exigidos em uma planta termelétrica. Falhas nesses rotores podem causar diversos tipos de danos, desde paradas forçadas e custosas até situações catastróficas. Eles são peças essenciais para o funcionamento das turbinas a vapor e são produzidas em diferentes formatos para servir a diferentes tamanhos de turbinas, o que demanda diferentes técnicas de produção (Tristante, 2019).

Existem três tipos principais de construção para rotores de turbinas a vapor: monobloco, soldado e montado por interferência (ou disco encolhido). Cada um desses tipos apresenta características específicas. Esses rotores passam por um processo de montagem que varia de 6 a 32 estágios de palhetas, de acordo com a complexidade e



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

potência requerida na turbina (Cardoso, 2017). A figura 5 a usinagem do rotor e montagem das palhetas.

Figura 5 – Rotor no torno sendo usinado e na fase de montagem das palhetas



Fonte: Acervo do autor (2024)

Os rotores de alta e média pressão são, geralmente, fabricados nas configurações monobloco ou soldada. É importante destacar que os rotores monoblocos têm um furo central, projetado para a remoção de impurezas metalúrgicas, como sulfeto de manganês, que podem se formar durante a fundição e forjamento. O acúmulo dessas impurezas em certas áreas pode facilitar a nucleação de trincas, o que aconteceu muito frequentemente na década de 1950, quando muitos rotores do tipo C enfrentaram falhas catastróficas devido ao acúmulo de danos que se desenvolviam durante a operação contínua.

As lâminas da turbina a vapor são fixadas a discos e cada estágio de pressão da turbina é composto por conjuntos alternados de discos móveis (rotor) e estacionários (estator). Quando o vapor passa pelo perfil aerodinâmico das palhetas do rotor, cria-se uma região de alta pressão de um lado e uma de baixa pressão do outro, gerando uma força de sustentação aerodinâmica que faz o eixo da turbina girar.

Durante a expansão do vapor nas palhetas móveis, segundo Tristante (2019), ocorre uma transferência de energia do fluido – tanto em termos de velocidade (energia cinética) quanto de pressão e temperatura (entalpia) – para o rotor. Após passar pelas palhetas móveis, a velocidade e a entalpia do vapor diminuem em relação à entrada. Em seguida, o vapor flui pelas lâminas estacionárias (*nozzles*). Tristante (2019) explica que, embora não haja transferência de energia para o rotor nesse momento, parte da energia interna do fluido (entalpia) é convertida em energia cinética, aumentando novamente a velocidade do vapor.

2.3 GESTÃO DA PRODUÇÃO NA INDÚSTRIA DE TURBINAS

A Gestão da Produção é um conjunto de atividades que transforma insumos em bens e serviços, com destaque a partir da Revolução Industrial no século XVIII. Inicialmente focada em indústrias, suas técnicas se expandiram para o comércio e serviços. A primeira revolução trouxe a mecanização e a transição para a economia capitalista, enquanto a segunda, entre 1850 e 1914, introduziu inovações como o uso do aço e energia elétrica (Maximiano, 2012). Pioneiros como Taylor e Ford contribuíram para a administração científica, levando à consolidação das práticas administrativas na década de 1930, com a inclusão de métodos quantitativos durante a Segunda Guerra Mundial (Chiavenato, 2007). No século XXI, segundo Maximiano (2012), a qualidade tem sido vista de forma estratégica, focando na prevenção de falhas e eliminação de desperdícios, integrando a gestão da qualidade total e a filosofia *Just-in-time*.



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

A qualidade e a excelência organizacional, de acordo com Monden (2015), também fazem parte da evolução da administração da produção, no início era de caráter operacional e corretivo, voltado para a inspeção. Atualmente está voltada aos aspectos estratégicos da qualidade, prevenção de falhas e ao desperdício. A inspeção e o controle estatístico da qualidade (operacionais) evoluíram para a gestão da qualidade total (estratégica). Em busca da excelência e eliminação de desperdícios, conforme a filosofia *Just-in-time*, no mundo competitivo agora global, melhorar a eficácia de interatividade na cadeia de suprimentos como um todo (Chiavenato, 2007).

A cadeia de suprimentos, um conceito recente, abrange todas as atividades que agregam valor ao produto, sendo crucial para a competitividade no mercado. Segundo Monden (2015), ele representa uma série de atividades desde a compra, armazenamento, transformação de embalagem, transporte, movimentação interna, distribuição e todo suporte para alinhar todas as atividades de forma sincronizada a fim de reduzir custos, minimizar o tempo dos ciclos e agregar valor à mercadoria em busca de resultados competitivos.

A busca de qualidade e a crescente produtividade têm sido importantes diferenciais entre as empresas, o que as tem instrumentalizado para a competitividade que se apresenta no mercado.

2.3.1 Produção em linha: como se organiza?

De acordo com o pensamento sistêmico, as organizações, assim como as máquinas, são compostas por partes independentes, cuja ordem solicita determinada sequência e agrupamentos por pontos de resistência. As organizações, baseadas nestes conceitos, costumam apresentar divisões bem definidas em departamentos com funções específicas e tendo como ponto de resistência um chefe, que detém o controle (Chiavenato, 2007).

Alguns princípios podem ser atrelados à concepção mecanicista, tais como: a unidade de comando, na qual cada empregado deve receber ordens de apenas um superior; alcance do controle, com um grupo de tamanho adequado ao comando de um chefe; disciplina, respeitando as convenções estabelecidas em regulamentos, os costumes aprovados; centralização da autoridade que, sempre presente, amplia a possibilidade de uso das habilidades de seus subordinados; organograma de controle, que define a comunicação entre chefe e subordinado, servindo de canal entre os mesmos; subordinação do interesse individual ao interesse geral; equidade, que consiste num tratamento benevolente que os estimule a doar-se para a empresa (FAYOL, 1990).

2.3.2 Células de produção: o que são?

Para que a produção de rotores ocorra dentro das metas de qualidade, há um gerenciamento realizado por um profissional especializado que direciona as tarefas a cada equipe, como numa esteira de montagem (Oliveira, 2013). Desta forma, o rotor forjado chega na empresa; passa pelo torneiro mecânico para definir como ficará a peça pronta; outra, a verificação de partículas magnéticas; em seguida, uma equipe faz a montagem das palhetas, que ainda serão finalizadas na usinagem (Marinho; Dias; Bomfim, 2016); por fim, o rotor é lavado e vai para a área de turbinas para ser acoplado ao modelo de que faz parte.

Portanto, o gerenciamento da produção de rotores deve ser realizada por gestores, supervisores e chefes de cada setor, que organizam a montagem por etapas



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

subsequentes e muito bem integradas. Nesse processo, as palhetas passam por testes de qualidade em diversos momentos, dada a importância de sua função junto ao rotor.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

A metodologia utilizada, inicialmente, foi a revisão bibliográfica através da qual se buscou analisar informações presentes em sites, livros e artigos de referência, com o intuito de melhor conhecer os temas de abrangência nesse estudo. Posteriormente, foi complementado com um estudo do processo de produção de turbinas realizado na empresa Turbinas Ltda (nome fictício) fabricante de equipamentos do setor de metal mecânico, situada no interior paulista.

3.1 Materiais e métodos

Para realizar a revisão bibliográfica, foram utilizados os sites de busca Scielo e Periódicos Capes, utilizando os descritores: turbinas, rotores, palhetas, gestão de produção. A pesquisa teórica foi complementada com um trabalho de exploração prática que foi essencial para organizar o contexto temático e elaborar este estudo.

Na sequência são apresentados os principais resultados deste trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A pesquisa desenvolvida nesse estudo teve como foco estudar o fluxo de produção de uma turbina a vapor com profundidade, mapeando todas as etapas do processo de montagem do motor, mais especificamente, a usinagem do rotor, devido à sua importância para o funcionamento da máquina.

A revisão da literatura mostrou a importância de organizar passos de gestão da produção desses equipamentos, considerando a quantidade de elementos que a compõem. Diante disso, a produção de rotores foi o tópico escolhido, pois é elaborado a partir da confecção de muitos outros elementos acessórios.

4.1 SISTEMA DE GESTÃO DA PRODUÇÃO DE ROTORES

No setor metalúrgico, após o *Just in Time*, algumas abordagens e sistemas de produção que se destacaram incluem a *learn manufacturing*, a produção enxuta e a indústria 4.0, integrando as tecnologias digitais, melhorando a eficiência e a flexibilidade na produção. Apesar das metodologias inovadoras, o sistema de produção em linha ainda continua sendo utilizado nas indústrias do setor metalúrgico, pois garante a agilidade no processo de produção de maquinários grandes. Nesse modelo, cada grupo é responsável por uma etapa específica do processo, permitindo eficiência e especialização.

Na empresa Turbinas Ltda., os gestores de produção organizam sua equipe em células de produção, que são uma abordagem que agrupa máquinas e estações de trabalho dispostas em proximidade, facilitando o fluxo de materiais, para fabricar produtos em um *layout* mais flexível e eficiente. Embora possam ser usadas em conjunto com a produção em linha, elas se diferenciam por permitir que uma equipe complete várias etapas do processo em uma única área, promovendo maior colaboração e reduzindo tempos de espera.



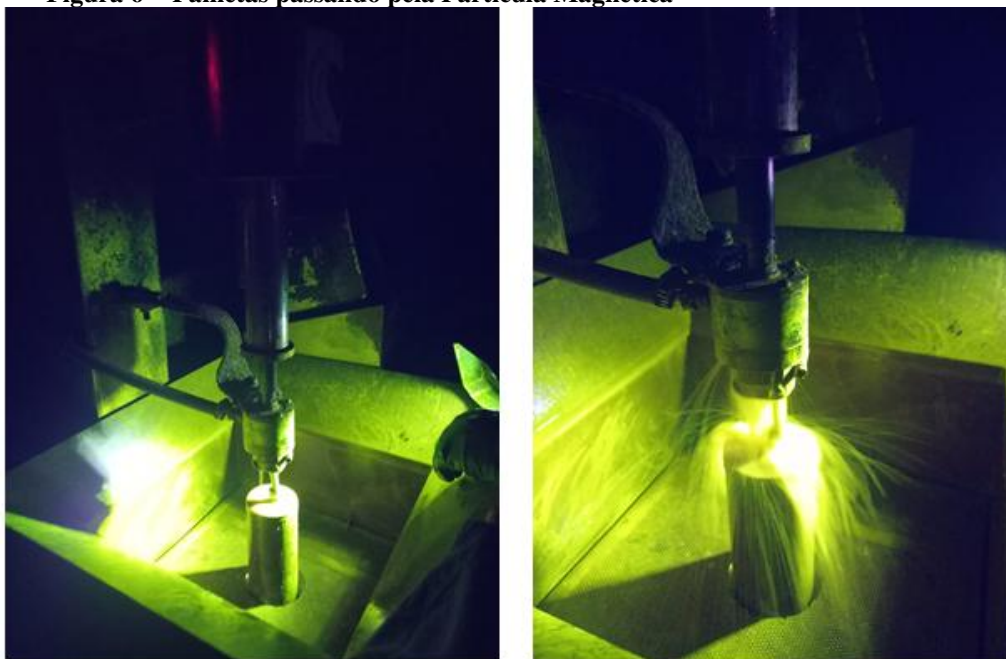
Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

Normalmente, uma equipe multifuncional opera a célula, com membros treinados em diversas funções, promovendo a flexibilidade e a redução de desperdícios, utilizando metodologias como a *Kaisen*, para aprimorar processos e resolver problemas rapidamente, e métricas para avaliar o desempenho, como tempo de ciclo, eficiência e qualidade. Esse modelo promove maior autonomia e rapidez na tomada de decisões.

4.2 ETAPAS DA PRODUÇÃO DE ROTORES

Para que a produção de rotores ocorra dentro das metas de qualidade, há um gerenciamento realizado por um profissional especializado que direciona as tarefas a cada célula de produção, que ficam no mesmo espaço da fábrica e colaboram entre si. No entanto, cada célula é responsável por uma etapa do serviço e, ao repassar para a etapa seguinte, deve registrar os procedimentos e os resultados, a fim de que não ocorram falhas e se mantenha a qualidade. Desta forma, o rotor forjado chega na empresa; passa pelo torneiro mecânico para definir como ficará a peça pronta e vai para a célula de montadores de rotores; depois, passa pela verificação de partículas magnéticas para mensurar a qualidade. A Figura 6 mostra as palhetas passando por este processo.

Figura 6 - Palhetas passando pela Partícula Magnética



Fonte: Acervo do autor (2024)

Em seguida, as palhetas produzidas no centro de usinagem CNC. O local recebe as barras já cortadas, com medidas próximas ao tamanho de cada palheta, e com um programa de *software*. Essas barras são colocadas nas máquinas e, de acordo com essa programação, saem já com suas medidas definidas e prontas. A cada 15 peças produzidas, os responsáveis pela programação precisam medir essas palhetas a fim de verificar erros na medida e produção.

Depois, elas são encaminhadas para a equipe que faz a montagem das palhetas e serão finalizadas na usinagem, passando pela partícula magnética para serem desmagnetizadas e, em seguida, são liberadas para montagem. Estágio por estágio, essas palhetas são montadas no rotor.



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

No entanto, algumas delas são retiradas da linha de montagem por apresentarem trincas encontradas nas partículas ou erro em tamanhos, o que só é percebido no momento da montagem e, quando ocorre, o controle de qualidade é novamente acionado, a fim de descobrir a fonte do erro. Por fim, o rotor é lavado e vai para a área de turbinas para ser acoplado ao modelo de que faz parte.

Portanto, o gerenciamento da produção de rotores é realizado por gestores, supervisores e chefes de cada setor, que organizam a montagem por etapas subsequentes e muito bem integradas. Nesse processo, as palhetas passam por testes de qualidade em diversos momentos, dada a importância de sua função junto ao rotor.

4.3 PONTOS CRÍTICOS NA GESTÃO DE PRODUÇÃO DA TURBINAS LTDA.

Chama-se de ponto crítico, aquele fator de produção que causa maior dificuldade de gerenciamento e que exige dos gestores maior atenção em função de sua importância para o perfeito andamento do processo de produção. O ponto crítico encontrado na gestão de produção de rotores para turbinas relaciona-se na necessidade de recrutar pessoal especializado para realizar as atividades em células de produção. Muito tempo se perde na correção de erros humanos, que geram retrabalhos.

Embora os gestores dividam as equipes, colocando sempre alguém com mais experiência em cada campo de ação, ainda há um prejuízo na eficiência das sequências para colaborar com o operário menos preparado. Uma alternativa viável seria mais tempo de treinamento do iniciante antes de fazer parte das células de produção, ou ainda, quando for possível, a automatização e/ou robotização do processo.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estudo apresentado foi realizado por meio de uma revisão bibliográfica sobre o tema gestão de produção de rotores de turbinas, e pesquisa aplicada na empresa Turbinas Ltda, localizada no interior paulista. Teve-se como objetivo, compreender e avaliar este fluxo de produção, destacando pontos passíveis de geração de divergências no padrão de qualidade estabelecido.

Foi observado que a empresa organiza seus processos de produção de rotores em células de produção, procurando contar com pessoas especializadas para garantir a qualidade das turbinas. Entretanto, todas as etapas são conferidas à exaustão, a fim de se manter a qualidade da produção, uma vez que qualquer falha poderá acarretar prejuízos gigantescos.

Embora o material utilizado na produção seja resistente e de boa procedência, seja utilizada tecnologia digital de ponta, o capital humano ainda é o que faz a diferença nas indústrias desse calibre, sendo necessária a formação adequada para trabalhar nessa área, com constante treinamento e gerenciamento especializado.

Desta forma, a pesquisa permitiu assegurar que a empresa Turbinas Ltda. trabalha dentro dos padrões de qualidade na produção de turbinas a vapor, organizando seu espaço com a gestão de células de produção eficientes e que se responsabilizam pela tarefa recebida, cumprindo com os preceitos de qualidade exigida.

REFERÊNCIAS

CARDOSO, B. R. Estimativa de Vida Residual de Rotores de Turbinas a Vapor Expostos aos Mecanismos de Dano por Fluência e Fadiga. 2017. Tese (doutorado).



Aspectos da gestão de produção de rotores de turbinas: um estudo em uma metalúrgica do interior paulista

UFRJ/ COPPE/ Programa de Engenharia Metalúrgica e de Materiais,. Rio de Janeiro: UFRJ/COPPE, 2017.

CARVALHO, C. H. R. M. **Desenvolvimento de aplicativos *low code* para otimização de processos na ArcelorMittal Tubarão.** 2023. Monografia (graduação). Instituto Federal do Espírito Santo. Coordenadoria de Cursos Superiores em Metalurgia. Curso Superior de Engenharia Metalúrgica. Vitória, 2023.

CHIAVENATO, I. **Introdução a Teoria Geral da Administração.** Ed. Campus, 2007.

LANZENDORF, J. Z. et al. **Modelagem numérica do processo de rebitagem em palhetas de turbinas a vapor.** *Matéria* (Rio de Janeiro), v. 25, n. 2, p. e-12644, 2020.

MARINHO, E. L. S.; DIAS, R.; BOMFIM, J. V. C. Usinagem de campo das palhetas do último estágio da turbina a vapor nº6 da ArcelorMittal tubarão. In: **37º Energy Balances / 31º Industrial Gas**, Rio de Janeiro, 2016, p. 171-180. ISSN: 2594-3626 , DOI 10.5151/2237-0234-28062.

MAXIMIANO, A. C. A. **Teoria geral da administração.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

MONDEN, Y. **Sistema Toyota de Produção-Uma abordagem Integrada ao *Just-in-Time*.** 4 ed. Porto Alegre: Bookman, 2015.

OLIVEIRA, E. R. M. P. P. **Aumento da Produtividade em Células de Produção numa Empresa de Componentes Eletrônicos.** Dissertação de Mestrado, Universidade do Minho – Escola de Engenharia, 128p. 2013.

TRISTANTE, R.; VÁZ, R. F.; PUKASIEWICZ, A. G. M. (3); FILIPPIN, C. G.; PROCOPIAK, L. A. J.; PAREDES, R. S. C.; CAPRA, A. R. **Evolução Tecnológica da Recuperação por Soldagem e Aspersão Térmica de Rotores de Turbinas de Usinas Hidrelétricas.** XXV SNPTEE Seminário Nacional de Produção e Transmissão de Energia Elétrica. Belo Horizonte – MG, 2019.