



APLICAÇÃO DE METODOLOGIA MULTICRITÉRIO PARA APOIO À DECISÃO DE PRIORIZAÇÃO DE ORDENS DE SERVIÇO DA OFICINA CENTRAL DE UMA USINA SIDERÚRGICA

APPLICATION OF MULTICRITERIA DECISION AID FOR PRIORITIZATION OF SERVICE ORDERS OF THE WORKSHOP OF A STEEL INDUSTRY

Danielle Airão Barros

Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Cariacica.

E-mail: daniairao@gmail.com

Raiane Lecchi Caliman

Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Cariacica.

E-mail: raiane.lc1@gmail.com

Tiago José Menezes Gonçalves

Instituto Federal do Espírito Santo (IFES) – Campus Cariacica.

E-mail: tiago.goncalves@ifes.edu.br

Resumo

Este trabalho propõe a construção de um modelo multicritério para apoiar na atividade de priorização de ordens de serviço da oficina central de uma usina siderúrgica. A Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista (MCDA-C) foi o instrumento de intervenção adotado devido a sua forma de estruturar o problema dentro do contexto decisório. Esta abordagem é importante pois com ela é possível melhorar a utilização dos recursos e reduzir custos, garantindo assim, maior previsibilidade do processo de manutenção. Com a futura implementação desta metodologia, pretende-se melhorar a gestão da atividade de sequenciamento das ordens de serviço, trazendo maior racionalidade e transparência ao processo.

Palavras-chave: Ordens de serviço. MCDA-C. Planejamento. Manutenção.

Abstract

This work proposes the construction of a multicriteria model for prioritizing work orders of the central workshop of a steel plant. The Multicriteria Methodology of Decision Support-Constructivist is an intervention instrument that was used to structure the problem within the decision-making context. This approach is important because it is possible to improve the use of resources and reduce costs, which will ensure greater predictability of the maintenance process. This methodology is intended to improve the management of the sequencing activity of work orders in the future, bringing greater rationality and transparency to the process.

Keywords: Service orders. MCDA-C. Sequencing. Planning. Maintenance.



1 INTRODUÇÃO

A manutenção dentro das empresas é fundamental para garantir a disponibilidade física dos equipamentos, a estabilidade do processo produtivo, a segurança e o bem-estar dos colaboradores. Dentre as várias atividades que a compõem, tem-se o serviço de planejamento, onde desenvolve-se a estruturação das tarefas, a gestão dos custos e recursos, tais como a previsão de uso de mão-de-obra, materiais e equipamentos.

À vista disso, a rotina de planejamento envolve a constante tomada de decisões, com diversos cenários que ocorrem simultaneamente e que, devido às restrições e limitações na disponibilidade dos recursos, ocorre a diminuição do número de opções viáveis, ao mesmo tempo que aumenta a complexidade de se escolher uma solução ideal. Além disso, a utilização de critérios de decisão mal definidos, sem uma abordagem estabelecida para escolher entre alternativas concorrentes, pode gerar o aumento de custos, o uso inadequado de recursos, atrasos na execução dos serviços e menor previsibilidade no processo (DHANISSETY, VERHAGEN E CURRA, 2018).

Portanto, por ser uma atividade complexa e com uma grande quantidade de variáveis envolvidas para a tomada de decisões, a gestão do planejamento da manutenção, muitas vezes, não atende às demandas das áreas envolvidas. Logo, como melhorar a utilização dos recursos disponíveis e atender as áreas clientes, conforme os valores de saúde, segurança e meio ambiente da empresa?

Diante desse cenário, para evitar tais perdas e aprimorar este processo, este trabalho visa propor a utilização de novas ferramentas para aprimorar o planejamento e a programação das ordens de serviço da oficina central de uma usina siderúrgica. Atualmente, percebe-se que não existe um procedimento transparente e bem definido para a definição da criticidade (emergente, urgente ou normal) das ordens de serviço nesta oficina.

Para tal, a aplicação do modelo de tomada de decisão multicritério, sendo a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista (MCDA-C, do inglês *Multicriteria Decision Aid – Constructivism*) a ferramenta escolhida, devido a sua forma de estruturar o problema dentro do contexto decisório, cujo desenvolvimento do conhecimento possibilita ter um melhor entendimento das consequências das decisões. Ela também permite tratar diferentes tipos de informações, de expor os objetivos dos decisores, de refletir sobre as prioridades, preferências e identificar os



fatores que impactam na eficiência do setor (JORDÃO, GONÇALVES e MORAES, 2021).

Neste problema, especificamente, o modelo multicritério a ser aplicado tem dois objetivos: o primeiro é classificar as ordens de serviços conforme o grau de urgência de execução e o segundo é auxiliar no sequenciamento dessas ordens na fila de recursos, conforme a classificação obtida. Com isso, espera-se diminuir os desperdícios, melhorando a utilização dos recursos disponíveis, satisfazendo as áreas clientes, bem como atender aos valores de saúde, segurança e meio ambiente da empresa.

Com a aplicação da MCDA-C para a solução do problema, busca-se identificar os fatores que são importantes para a priorização das ordens de serviço, avaliando cada um deles para determinar a criticidade e estabelecer uma ordem de execução desses serviços com base em critérios corporativos bem definidos.

Finalmente, com o uso desta metodologia de apoio à decisão pretende-se melhorar a gestão da fila e melhorar o aproveitamento de recursos, trazendo maior clareza e confiança no processo para os colaboradores e clientes. Isso permitirá que a oficina cumpra com maior assertividade os prazos de execução programados, aumentando a credibilidade junto ao cliente, além de tornar o processo de decisão mais transparente.

Após essa seção introdutória, este trabalho apresenta o referencial teórico referente à metodologia multicritério de apoio à decisão construtivista. Posteriormente, descreve-se a metodologia, o objeto de estudo, a estruturação e aplicação do método e a discussão dos resultados. Por último, tem-se a conclusão e as considerações finais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Na prática, a análise de decisão de múltiplos critérios avalia uma coleção de possíveis cursos de ação ou opções, selecionando uma opção preferencial ou classificando as opções em um *ranking* de preferências. Essa análise é fundamental na sinalização da melhor alternativa racional, permitindo ao tomador de decisão a melhor alocação dos recursos entre interesses concorrentes e alternativos (BASÍLIO et al., 2022).



Considerando esse contexto, nesta etapa do trabalho serão abordados os aspectos teóricos relacionados com o desenvolvimento da MCDA-C, descrevendo as etapas necessárias para a sua aplicação no problema proposto.

2.1. Metodologia multicritério de apoio à decisão - Construtivista (MCDA-C)

Os métodos de resolução de problemas tradicionais, propostos pela Pesquisa Operacional (PO), começaram a ser desenvolvidos durante a 2ª Guerra Mundial, sendo inicialmente aplicados para fins militares. Esses métodos centram seu foco na escolha de alternativas para encontrar a sua solução ótima, por meio de modelos matemáticos, não considerando a subjetividade envolvida no processo decisório, tendo uma abordagem considerada racionalista (ENSSLIN, NETO e NORONHA, 2001).

Diferentemente da PO tradicional, a Metodologia Multicritério de Apoio à Decisão - Construtivista (MCDA-C) aparece como uma alternativa para apoiar os decisores em cenários complexos, incertos e que precisam levar em consideração aspectos subjetivos para a tomada de decisão, considerando os valores e os objetivos dos decisores. O pressuposto básico da abordagem construtivista é que as pessoas desenvolvem continuamente representações mentais a partir do que percebem da realidade (LANDRY, 1995; HOLZ, 1999; MONTIBELLER, 2000).

Logo, esta abordagem se fundamenta no reconhecimento da necessidade da etapa de estruturação, que permite ao decisor desenvolver o conhecimento necessário para compreender as consequências de suas decisões. A MCDA-C procura construir uma solução com base em elementos essenciais, que capacitam os atores envolvidos no processo decisório a evoluírem com os resultados dos seus próprios objetivos, convicções e sistemas de valores (ENSSLIN et al., 2013).

Para a construção da solução, a aplicação da MCDA-C baseia-se no uso de várias ferramentas como o *brainstorming*, entrevistas e mapas de relações, que permitem que o decisor consiga compreender o contexto do seu problema e visualizar as consequências de suas decisões. A aplicação da MCDA-C, segundo Ensslin, Neto e Noronha (2001) e Giffhorn (2011) pode ser dividida em três grandes etapas: Estruturação, Avaliação e Recomendação conforme a Figura 1.



Figura 1 – Etapas de aplicação do MCDA-C



Fonte: Adaptado de Ghifforn (2013).

A primeira etapa, que é a estruturação, tem como objetivo orientar tanto o facilitador quanto os decisores no entendimento do problema, auxiliando na identificação, organização e mensuração dos objetivos considerados essenciais. Neste momento são identificados os atores e definido o rótulo do problema, de forma a descrevê-lo, identificando o objetivo e o que se espera como resultado da aplicação do modelo (GHIFFORN, 2011; BOTTOLUZZI et. al., 2017; JORDÃO et al., 2021).

Neste processo, o rótulo pode ser entendido como a descrição do problema de modo a apoiar o facilitador na sua resolução e tem a função de delimitar o contexto decisório, mantendo o foco nos aspectos relevantes. E os atores ou *stakeholders* são os indivíduos, grupos ou instituições que influenciam de forma direta ou indireta o processo, com base no seu sistema de valores, e que têm algum interesse no resultado da decisão (ENSSLIN, NETO e NORONHA, 2001). Esses atores podem ser divididos em dois grupos, os intervenientes que são aqueles que tomam as decisões (decisores) e os agidos que são aqueles que sofrem a ação.

Após a contextualização do problema, o passo seguinte é a determinação das famílias dos Pontos de Vista Fundamentais (PVF's). Segundo Ensslin, Neto e Noronha (2001), os PVF's são os aspectos considerados como essenciais para a avaliação das ações potenciais por pelo menos um dos atores. Eles servem para explicitar os valores que são importantes para o contexto do problema em análise e ao mesmo tempo possuem a capacidade de definir as propriedades das ações de interesse dos decisores. Esses elementos são importantes para a eliminação da redundância e devem possuir as seguintes características: ser essencial, controlável, completo, mensurável, operacional, isolável, não redundante, conciso e compreensível. O Quadro 1 traz a explicação de cada uma delas.



Quadro 1 – Características dos PVF's

Característica	Explicação
Essencial	Considera os aspectos que sejam de fundamental importância aos decisores, segundo seus sistemas de valores.
Controlável	Representa um aspecto que seja influenciado apenas pelas ações potenciais em questão.
Completo	Inclui todos os aspectos considerados como fundamentais pelos decisores.
Mensurável	Específica, com a menor ambiguidade possível, a performance das ações potenciais, segundo os aspectos considerados fundamentais pelos decisores.
Operacional	Coleta as informações requeridas sobre a performance das ações potenciais, dentro do tempo disponível e com um esforço viável.
Isolável	Permite a análise de um aspecto fundamental de forma independente com relação aos demais aspectos do conjunto.
Não-redundante	Não considera o mesmo aspecto mais de uma vez.
Conciso	O número de aspectos considerados deve ser o mínimo necessário para modelar de forma adequada, segundo a visão dos decisores sobre o problema.
Compreensível	Seu significado deve ser claro para os decisores, permitindo a geração e comunicação de ideias.

Fonte: Ensslin, Neto e Noronha (2001).

Após identificados os PVF's, é necessário definir os critérios, que são funções matemáticas utilizadas para medir a performance das ações potenciais avaliada em cada PVF e estabelecer uma comparação, escolha ou avaliação. Para a construção de um critério, são necessárias duas informações: um descritor ou atributo e uma função de valor.

Os descritores ou atributos dos critérios podem ser entendidos um conjunto ordenado de níveis de impacto plausíveis em termos dos PVF's e que servem de base para descrever objetivamente os impactos das alternativas em relação a cada um desses pontos de vista (COSTA et al., 1999). E a função de valor quantifica a preferência dos decisores (ENSSLIN, NETO e NORONHA, 2001). Ela serve para mensurar as alternativas em níveis de impacto de cada PVF considerando as respectivas referências entre os níveis de desempenho máximo e desempenho mínimo (COSTA et al., 1999).

Na etapa de avaliação, é construída a escala de preferência local e são determinadas as taxas de substituição para cada um dos PVF's definidos durante a estruturação do problema. Neste momento, são identificados o perfil de impacto de cada uma das ações em cada PVF (avaliação local) e realizada a avaliação global



através das taxas de substituição. Este estágio apoia-se na construção de um processo para determinar as preferências dos tomadores de decisão entre as consequências, comparando as alternativas de acordo com os índices de valor (ENSSLIN et al., 2020). Nesse contexto, as funções de valor, são os elementos que proverão as informações relativas às diferenças de atratividade entre os vários níveis do descritor.

A última etapa é a recomendação, a qual suporta o decisor por meio da geração, avaliação e recomendação de ações potenciais, para posterior análise e escolha da melhor estratégia a ser adotada no contexto. Ela também auxilia na discussão dos pontos passíveis de melhoria abordados pelo modelo construído (JORDÃO et al., 2021).

3 CONSTRUÇÃO DO MODELO MULTICRITÉRIO

A primeira fase em qualquer processo de decisão é a compreensão do contexto do problema de forma ampla e adequada (LIENERT et al., 2019). Para isso se faz necessário uma descrição adequada da realidade, incluindo a identificação dos atores, suas percepções, valores, objetivos, crenças e relações de poder no contexto decisório.

3.1 Contextualização, atores e rótulos

O presente trabalho foi desenvolvido na Oficina Central de uma usina siderúrgica, responsável garantir a estabilidade operacional de toda a planta operacional. Dentre os inúmeros processos executados nesta oficina, está o planejamento e a execução das ordens de serviço referente à manutenção de ativos das áreas operacionais da usina, consideradas clientes, que são: porto, coqueria, sinterização, altos fornos, aciaria, lingotamento contínuo de placas, laminador de tiras à quente, utilidades, dentre outras áreas de apoio.

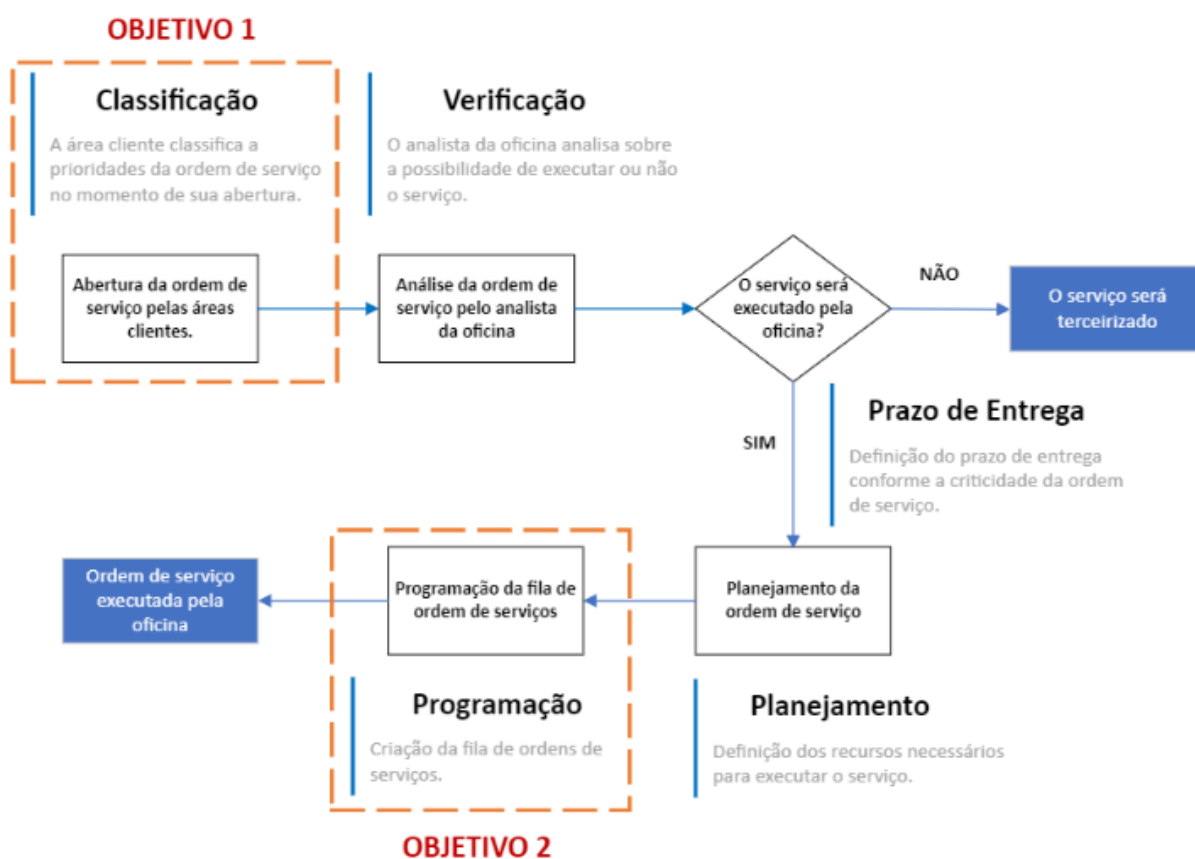
Conforme o fluxo de atividade atual, que pode ser visto na Figura 2, as áreas clientes são responsáveis por demandar serviços à oficina central e cabe a elas classificar as ordens de serviço quanto à sua prioridade (emergência ou normal). Os analistas de planejamento da oficina, de acordo com demanda, decidem se irão planejar e executar o serviço ou se a atividade será terceirizada, via contrato externo ou suprimentos.



Caso seja decidida a execução da atividade internamente, o analista verifica com os programadores qual será o prazo de entrega da ordem aberta, de acordo com o grau de emergência/criticidade da demanda informada pelo cliente e a fila existente. Os planejadores definem todos os recursos necessários para a execução do escopo demandado. Por último, os programadores, de acordo com a negociação realizada pelo analista, sequenciam as ordens de serviço em fila. Entretanto, frequentemente as ordens prioritárias competem entre si por centros de trabalho (mão de obra ou máquinas).

Observando o fluxo da atividade, consegue-se identificar os atores envolvidos no processo da oficina. O Quadro 2 os identifica, considerando tanto aqueles que tomam as decisões (atores intervenientes) como aqueles que sofrem a ação (atores agidos). Após a identificação dos atores envolvidos no problema, foi definido o rótulo do problema, que é: *Construção de um Modelo Multicritério para priorização de ordens de serviço de manutenção da oficina Central de uma usina siderúrgica.*

Figura 2 – Fluxo atual de trabalho na oficina central



Fonte: Os autores



Quadro 2 – Atores do processo de decisão

Tipo de ator	Identificação
Intervenientes	- Áreas clientes da oficina
	- Analista de oficina
	- Planejador
	- Programador
Agidos	- Executores das ordens
	- Líderes das áreas clientes

Fonte: Os autores

3.2 Estruturação do modelo

Considerando que cada um dos atores tem o seu problema construído, num primeiro momento, foi realizada uma entrevista não estruturada, para compreender como cada um deles percebem e interpretam o contexto decisório. Posteriormente, esses atores foram reunidos em duas seções de *workshops*. Para facilitar os registros e permitir maior interação entre os presentes na reunião, foi utilizada a ferramenta de participação coletiva e *online Easyretro*¹, tornando a captura de informações mais visível e transparente. Com ela foi possível catalogar os pontos considerados importantes para cada um dos envolvidos no processo.

Na primeira seção de *workshop*, foi realizado um *brainstorming* para o levantamento de dores e causas para o problema do elevado número de ordens de serviço abertas em urgência para a oficina. Posteriormente, foi desenvolvido outro *brainstorming* para apontar as oportunidades para a solução deste problema. Por meio de votação entre os presentes, decidiu-se que o desenvolvimento de uma metodologia multicritério de apoio à decisão para a priorização das ordens de serviço, seria a solução escolhida.

Com essa dinâmica pôde-se perceber quais são os interesses, as preocupações, dores e esperanças de cada um dos atores. A partir desses dois *brainstormings* foi possível compreender a visão individual de cada um dos atores sobre o problema, unir os pontos considerados convergentes e discutir os aspectos divergentes do contexto decisório. E, por fim, de posse dessas informações, iniciou-se a construção do modelo decisório.

¹ A ferramenta está disponível no site: <https://easyretro.io/>



A segunda seção de workshop foi direcionada para o início da construção do modelo de decisão, que teve como foco a construção da solução do problema, dividida em três seções de um novo *brainstorming*: levantamento do conjunto de pontos de vistas fundamentais (PVF's), construção dos critérios, que engloba a definição dos descritores para medir um PVF e as funções de valor e, por fim, as taxas de substituição. Neste momento concluiu-se que as referências a serem seguidas devem possuir objetivos corporativos e são o Sistema de Valores e o Plano Diretor de Gestão de Ativos da empresa.

Os PVF's relacionados com os valores da empresa e com as necessidades das áreas clientes da oficina foram determinados conforme as diretrizes do Plano Diretor de Gestão de Ativos², o que foi um consenso entre todos os atores envolvidos na construção da solução do problema. Os PVF's envolvendo o propósito da oficina, que é gerar estabilidade operacional da planta e lucro ao negócio, foram construídos pelos atores intervenientes, ou seja, os decisores do processo. Para isso eles responderam o seguinte questionamento: "Quais são os critérios relevantes para realizar a priorização de ordens segundo à ótica da oficina?", por meio da ferramenta *Easyretro*. Após votação, foram definidos os critérios considerados mais relevantes para a oficina.

Um ponto importante na metodologia aplicada é que os critérios foram obtidos de forma direta, sendo eles fundamentados com base no Plano Diretor de Gestão de Ativos da usina e na rotina de trabalho atual da oficina. Portanto, não foi necessário construir o mapa de relações, que é uma das ferramentas utilizadas para a construção da solução no MCDA-C.

Devido à dificuldade em conseguir reunir os envolvidos e o baixo investimento de tempo, os *workshops* e a utilização de técnicas e ferramentas que estão implementadas na rotina de trabalho facilita a adesão para o desenvolvimento do projeto, trazendo maior agilidade para a implementação da solução. Portanto, essa abordagem para o entendimento do problema e desenvolvimento da solução baseada na construção do modelo multicritério foi a que melhor se encaixou na dinâmica do cotidiano da empresa.

² O Plano Diretor de Gestão de Ativos é um documento guia para as áreas gestoras de ativos, que considera os aspectos estratégicos e as diretrizes corporativas. Esse documento visa garantir a maximização da disponibilidade, vida útil e confiabilidade operacional dos ativos, ao melhor custo, com segurança, saúde ocupacional e preservação do meio ambiente.



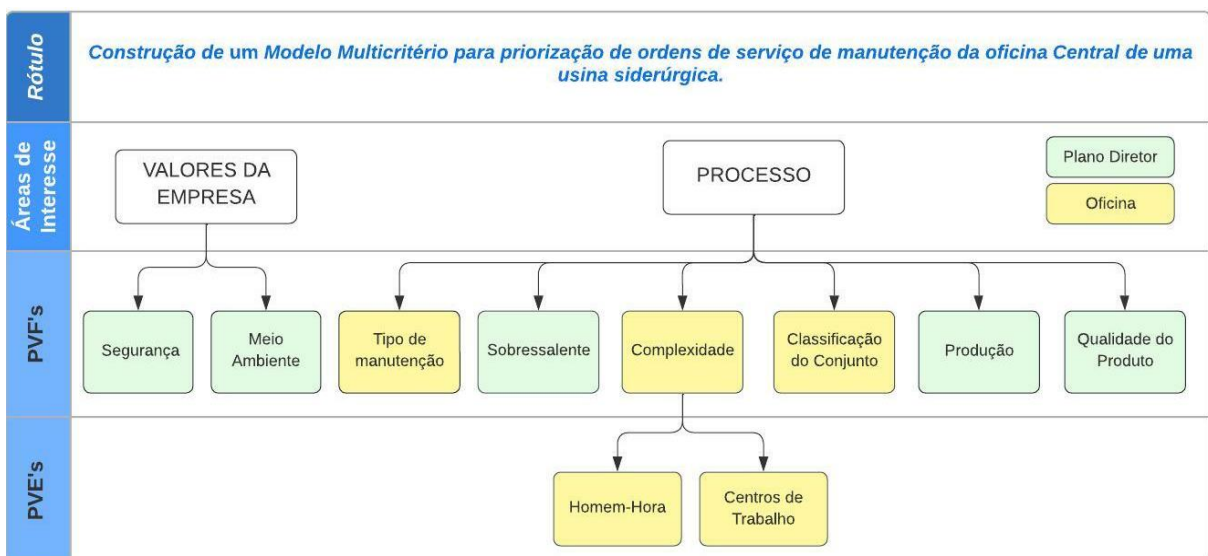
Em seguida, os PVF's mais votados foram agrupados em famílias visando a eliminação das ambiguidades. Para melhor avaliar a performance, os PVF's podem ser divididos em Pontos de Vista Elementares (PVE's), que é um conjunto de níveis de impacto de cada uma das ações de um PVF.

Esta decomposição utiliza uma lógica arborescente, em que um ponto de vista mais complexo de ser mensurado é decomposto em PVE's de mais fácil mensuração que devem ser mutuamente exclusivos e, coletivamente, necessitam fornecer uma caracterização exaustiva do PVF. Posteriormente, com essa organização, devem ser definidos os descritores e as funções de valor, para assim construir os critérios de cada um dos PVF's.

Ao final da estruturação do modelo de decisão oito PVF's foram considerados essenciais para a construção da solução do problema, sendo eles divididos em duas áreas de interesse: os valores da empresa e o processo. Neste último são consideradas tanto as observações contidas no Plano Diretor quanto as necessidades da rotina da oficina. Para definir melhor o PVF Complexidade, este foi dividido em dois PVE's: homem-hora e centros de trabalho, de forma a descrever o seu impacto dentro do contexto decisório. Observa-se que todos os PVE's e PVF's possuem as características descritas no Quadro 1 da seção 2.1.

Como conclusão do levantamento dos Pontos de Vista Fundamentais definidos para este problema, a Figura 3 categoriza cada um deles, sendo indicadas a origem e a separação conforme as áreas de interesse.

Figura 3 – Categorização dos PVF's



Fonte: Os autores



O Quadro 3 descreve cada um dos PVF's, explicando os seus respectivos objetivos e identificando a importância de cada um deles dentro da construção do modelo multicritério e o Quadro 4 detalha os descritores de cada um dos PVF's, sendo considerados três níveis de impacto para cada um deles, ordenados da melhor para a pior avaliação.

Quadro 3 – Descrição de cada PVF

Nº	PVF	Descrição
1	Segurança	Identificar o impacto da ordem de serviço para a segurança.
2	Meio Ambiente	Identificar o impacto da ordem de serviço para o meio ambiente.
3	Produção	Identificar o impacto da ordem de serviço para o processo produtivo.
4	Qualidade do produto	Identificar o impacto da ordem de serviço para a qualidade do produto.
5	Tipo de manutenção	Classificar o tipo de atendimento.
6	Sobressalente	Número de peças sobressalentes existentes na área e o seu impacto na produção da área e da unidade operacional ³ .
7	Complexidade	Avaliar a utilização de recursos, com base no valor de homem - hora e a quantidade de centros de trabalho utilizados para a execução das ordens de serviço.
8	Classificação do conjunto	Classificar as ordens de serviço considerando a sua importância para a oficina, sob a ótica da frequência de demanda do serviço e de seu valor financeiro.

Fonte: Os autores



Quadro 4 – Descritores dos PVF's

Nº	PVF/PVE	Descritores
1	Saúde e Segurança	Sem risco de acidente pessoal
		Existe baixo risco de acidente pessoal
		Existe alto risco de acidente pessoal
2	Meio Ambiente	Sem impacto
		Médio impacto, com possíveis penalidades legais
		Grave impacto e sujeito a penalidade legal e/ou perda de imagem
3	Produção	Não paralisa a produção da área operacional ³
		Paralisa a área produtiva, afetando no máximo 1/3 da produção da unidade operacional ⁴
		Paralisa a área produtiva, afetando mais de 1/3 da produção da unidade operacional
4	Qualidade do produto	Não influi na qualidade do produto da área operacional ³
		Influi na qualidade do produto da área operacional
		Influi na qualidade do produto da unidade operacional ⁴
5	Tipo de manutenção	Melhoria operacional
		Manutenção preventiva
		Manutenção corretiva
6	Sobressalente	Não necessita de peças sobressalente
		Possui peça sobressalente
		Não possui peça sobressalente
7	Homem-hora	Abaixo de 20 Homem-hora
		Entre 20 e 140 homem-hora
		Acima de 140-Homem-hora
8	Centros de trabalho	Abaixo de 3 centros de trabalho
		Entre 3 e 5 centros de trabalho
		Acima de 5 centros de trabalho
9	Classificação do conjunto	Normal: conjuntos que não possuem relevância financeira e não é frequente nas demandas da oficina.
		Fidelizados: conjuntos cuja demanda é frequente na oficina e não necessariamente possuem relevância em termos de receita para a oficina. A oficina dificilmente terceiriza esse tipo de demanda
		Valor agregado: conjuntos que possuem alta relevância em termos de receita para a oficina e cuja demanda não é frequente

Fonte: Os autores

³ Entende-se por área operacional um setor responsável por um dos processos produtivos da unidade operacional (exemplo: coqueria, galvanização, aciaria, etc.).

⁴ Entende-se por unidade operacional a unidade organizacional que se caracteriza pelo gerenciamento de operações ligadas às atividades fim da Companhia.



A construção das funções de valor, ou seja, a atribuição de valores à cada nível de impacto dos descritores, foi realizada por meio do método da Pontuação Direta⁵. Na aplicação deste método são associados valores iguais a 0 e 100, para o pior e melhor nível de impacto, respectivamente. Em seguida, os decisores expressaram, numericamente, a atratividade do nível intermediário em relação às extremidades, onde o espaçamento relativo entre os níveis de impacto reflete essa diferença.

Uma vez construídos os critérios, determinados os descritores e as funções de valor para a avaliação local, tornam-se necessário analisar as performances de cada um dos critérios de forma global, por meio da definição de taxas de substituição para cada um deles. Tais valores permitem transformar as performances locais de cada PVF em uma performance global, permitindo uma comparação entre as alternativas disponíveis. Demonstrando, assim, que a perda de desempenho em um critério deve compensar o ganho de desempenho em outro (ROY, 2013).

Com isso, a avaliação global de uma ação potencial pode ser calculada por meio da Equação 1:

$$V(a) = w_1 v_1(a) + w_2 v_2(a) + w_3 v_3(a) + \dots + w_n v_n(a) \quad (1)$$

a : Ação potencial;

n : Número de critérios;

$V(a)$: Valor global da ação potencial a ;

$v_1(a), v_2(a), v_3(a) \dots v_n(a)$: Valor parcial da ação potencial a nos n critérios;

w_1, w_2, w_3, w_n : Taxas de substituição dos n critérios;

O método utilizado para determinar as taxas de substituição no modelo construído foi o *Swing Weights*, que se inicia a partir de uma ação fictícia, onde o nível de impacto “*Neutro*” é considerado para a performance de todos os critérios do problema. Então, os decisores escolhem um critério onde a performance da ação fictícia melhora para o nível de impacto “*Bom*”, para qual são atribuídos 100 pontos para este salto (*swing*). Esse mesmo passo, posteriormente, é seguido para todos os critérios até que seja definida a ordem de todas as passagens do nível de impacto de desempenho mínimo para o máximo” (ENSSLIN, NETO E NORONHA, 2001).

Com esse método consegue-se ordenar os critérios construídos conforme a ordem de preferência dos decisores. Ao critério mais importante foi atribuído o valor 100 e, aos demais, foram atribuídos valores inferiores, de modo a expressar a

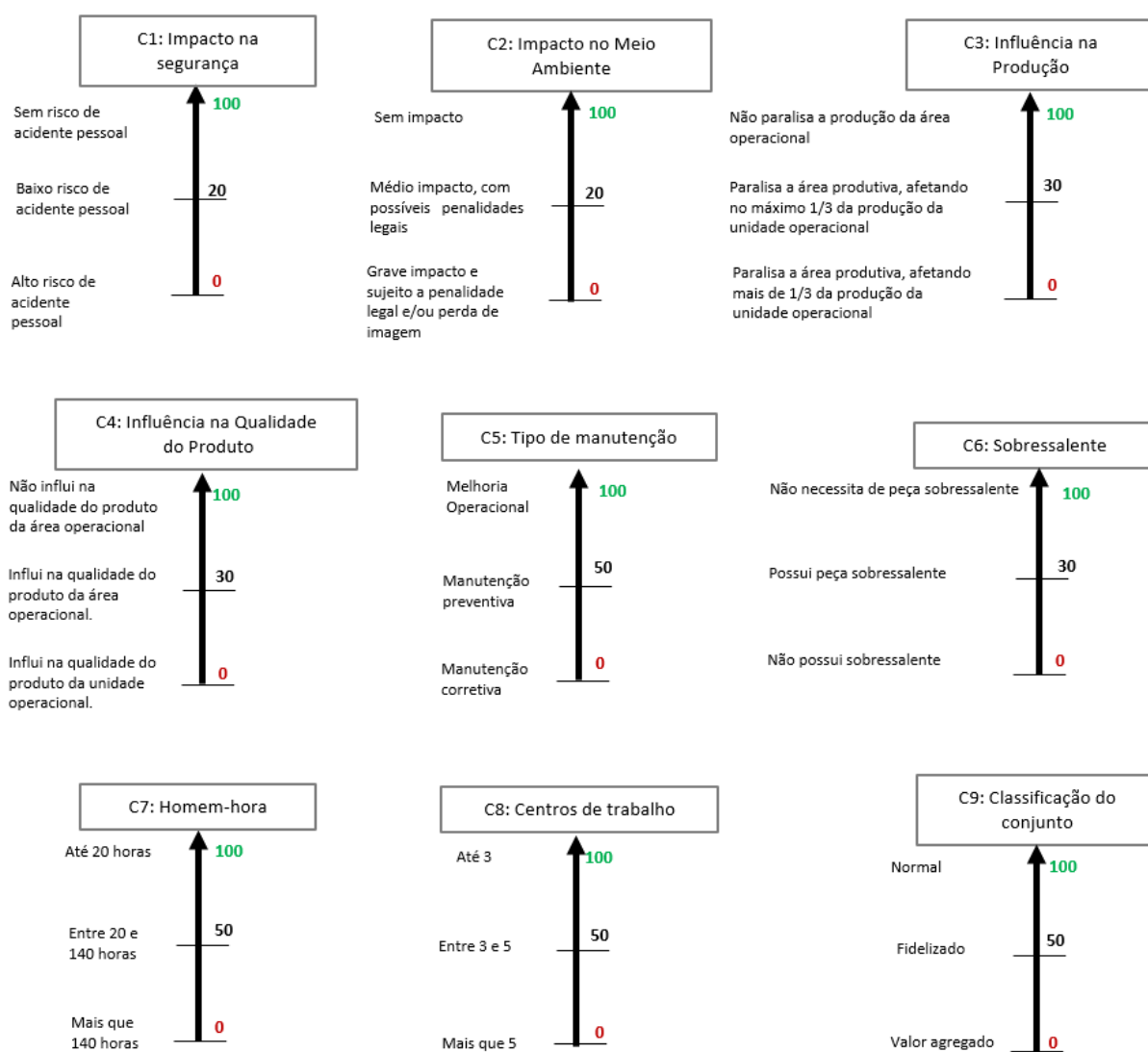
⁵ Para maiores detalhes de aplicação do método de Pontuação Direta, ver Ensslin, Neto e Noronha (2001).



importância de cada um deles dentro do processo decisório. Finalmente, é necessário normalizar esses valores, por meio de uma média ponderada, considerando os saltos (*swings*) de cada um dos critérios, de modo que a soma final seja igual a 1,00. Dessa forma são determinadas as taxas de substituição de cada um dos critérios.

A Figura 4 mostra as funções de valor construídas, com os respectivos níveis de impacto de cada um dos critérios, enquanto a Tabela 1 exhibe a pontuação de cada um dos critérios e a suas respectivas taxas de substituição.

Figura 4 – Critérios construídos



Fonte: Os autores



Tabela 1 – Pontuação e taxa de substituição dos critérios

Nº	Critério	Pontuação	Taxa de substituição
1	Segurança	100	0,15
2	Meio Ambiente	100	0,15
3	Produção	90	0,14
4	Qualidade do produto	90	0,14
5	Tipo de manutenção	80	0,12
6	Sobressalente	80	0,12
7	Homem-hora	30	0,04
8	Centro de trabalho	30	0,04
9	Classificação do conjunto	70	0,10

Fonte: Os autores

Na escolha da pontuação, os critérios “Segurança” e “Meio ambiente” tiveram a maior pontuação, por estarem relacionados com os valores da empresa. Os critérios “Produção”, “Qualidade do produto” e “Sobressalente” são os relacionados com o Plano Diretor de Gestão de Ativos da empresa. Os outros critérios estão relacionados com a oficina e, portanto, têm menor taxa de substituição no processo de decisão.

Após a construção do modelo multicritério, aplica-se a terceira fase do processo. Para teste do modelo, foram consideradas as 28 ordens de serviços criadas no dia 03/11/2022. Após os cálculos, a Tabela 2 mostra os resultados obtidos. Observa-se que quanto menor o valor de $V(a)$, maior será a priorização de execução da ordem de serviço. Logo, as ordens com menor pontuação deve ser priorizadas no sequenciamento das filas dos centros de trabalhos. Como resultado, a Tabela 02 mostra que a ordem de serviço com maior prioridade de programação é a “Lança TCOB nº 2” e a com menor prioridade é “Fabricar uma chaveta”.



Tabela 2 – Aplicação do modelo multicritério

Ordem de Serviço	$v_1(c_1)$	$v_1(c_2)$	$v_1(c_3)$	$v_1(c_4)$	$v_1(c_5)$	$v_1(c_6)$	$v_1(c_7)$	$v_1(c_8)$	$v_1(c_9)$	$V(a)$
Lança TCTOB n°2	0	3	4	0	0	3	4	8	10	32
Tampa bi-partida it03	3	14	4	0	0	3	4	0	5	33
Recuperar cabeça de barra falsa 225 x 1330 n°03 b4420mx00947	0	14	0	4	0	3	4	4	5	34
Recuperar cabeça 225 x 1554 b4820mx01484 - mlc3	0	14	0	4	0	3	4	4	5	34
Tampa bi-partida impeller	3	14	4	0	0	11	4	0	0	35
Tampas do impeller item 8	3	14	4	0	0	3	8	0	10	42
Carro grelha	0	3	4	12	6	3	4	8	5	44
Realizar limpeza, prepração e proteção do eixo manivela mlc#01	0	14	4	4	0	3	8	8	5	46
A12 - reparo eixo do rm	3	14	0	0	6	3	8	8	5	47
Peritar liner's do eixo do rm	3	14	0	0	6	3	8	8	5	47
Fab. conj. pass. Resfriador de placa	0	14	12	12	0	0	4	4	10	56
Rolo puxador	14	14	4	0	6	3	4	8	5	57
Lança pci af 03	14	14	0	0	6	3	4	8	10	59
Lança pci af 02	14	14	0	0	6	3	4	8	10	59
Mancal do agitador	14	3	4	12	6	3	4	4	10	59
A22 - fabricação de 2 eixos motrizes	3	14	12	12	6	0	4	4	5	59
Usinar polia de freio	0	14	4	12	6	3	8	4	10	60
Realizar preparação das engrenagens dos eixos de transmissão das cadeiras f-4	14	14	4	0	6	3	8	8	10	66
Roda da viga pescadora	3	14	4	12	6	3	8	8	10	67
Discos e espaçadores	0	14	4	12	6	11	8	4	10	68
A22 - fabricação de 2 eixos livres das	3	14	12	12	6	0	8	8	10	72
A14 - fabricar bucha b5240mx05166	14	14	4	0	6	11	8	8	10	74
A14 - usinagem das furações bucha	14	14	4	12	6	3	4	8	10	74
A22 - fabricação olhal para hastes da pá	14	14	12	12	6	0	8	8	5	79
Tubos curvados mtbi	14	3	12	12	6	11	8	8	10	83
Chapa teste robô	14	14	12	12	11	11	4	0	10	88
Recuperar tampa do motor - elétrica	14	14	12	12	11	3	8	8	10	92
Fabricar 01 chaveta	14	14	12	12	6	11	8	8	10	95
$w(i)$	0,15	0,15	0,14	0,14	0,12	0,12	0,04	0,04	0,10	1,00

Fonte: Os autores



4 CONCLUSÃO

Este trabalho mostra a importância de uma adequada gestão do processo de manutenção pode trazer benefícios para toda a organização. Com ele percebeu-se que é possível aplicar novas ferramentas para melhorar o processo de planejamento e programação da manutenção, conforme o objetivo proposto por este trabalho. Com a construção do Modelo Multicritério de Apoio à Decisão foi possível identificar os fatores que são importantes para a priorização das ordens de serviço e definindo uma ordem de execução, com base nos critérios bem estabelecidos. A melhoria do planejamento da manutenção está diretamente ligada a redução dos desperdícios e a satisfação dos envolvidos no processo.

A aplicação desta ferramenta de decisão multicritério permite aprimorar a racionalidade no processo de tomada de decisão e melhorar a qualidade da decisão na medida em que se baseia no conhecimento e expertise disponíveis. Com isso, consegue-se priorizar as ordens de serviço utilizando critérios formais e legítimos ao negócio, removendo fatores subjetivos e reduzindo influências de poder nas negociações de prazo no ambiente corporativo. Desta forma, aumenta-se a racionalidade e a transparência no processo de tomada de decisão.

Espera-se, com futura implementação desse modelo, diminuir o número de ordens classificadas como urgentes e aumentar a previsibilidade dos prazos de entrega negociados, melhorando o aproveitamento de recursos. A grande incidência de ordens emergentes desestabiliza o sistema, uma vez que impacta no processo de priorização, acarreta o envelhecimento da carteira de ordens classificadas como normal e, conseqüentemente, a perda de credibilidade junto às áreas cliente.

Durante o desenvolvimento do modelo, percebeu-se que é de extrema importância a participação de todos os envolvidos na tomada de decisão, pois somente assim os valores, necessidades e objetivos de cada uma das partes envolvidas podem ser contemplados na construção e aplicação do modelo. E o mais importante, garantir que objetivos corporativos sejam contemplados e priorizados.

As próximas etapas do projeto consistem na implementação do modelo multicritério no sistema integrado de gestão da empresa e a medição dos ganhos, que poderão ser vistos no acompanhamento de KPI's (*Key Performance Indicator*) da oficina. A divulgação do trabalho, a customização do *software* de sequenciamento das ordens de serviço e treinamento dos envolvidos são os próximos passos que deverão ser tomados para a utilização dessa ferramenta de apoio à decisão na rotina da empresa. Além disso, será necessário promover a mudança de *mindset* dos clientes, para a implementação e desenvolvimento dessa nova abordagem.



REFERÊNCIAS

ARCELORMITTAL, **Plano diretor de gestão de ativos**, ARCELORMITTAL, 2021.

BASÍLIO, M. P., PEREIRA, V., COSTA, H. G., GHOSH, A. **Bibliometric analysis of scientific production on methods to aid decision making in the last 40 years**. Scielo Preprints, v. 21, p. 52, 2022.

BOTTOLUZZI, S. C., ENSSLIN, S. R., ENSSLIN, L., ALMEIDA, M. O., Multicriteria decision aid tool for the operational management of industry: a constructivist case, **Brazilian Journal of Operations & Production Management**, v.14, p.165-182, 2017.

COSTA, C.A.B., ENSSLIN, L., CORRÊA, E.C., VANSNICK, J.C., Decision Support Systems in action: Integrated application in a multicriteria decision aid process. **European Journal of Operational Research**, v. 113, n. 2, p. 315–335, 1999.

DHANISSETTY, V. S. V.; VERHAGEN, W. J. C.; CURRAN, R. Multi-criteria weighted decision making for operational maintenance processes. **Journal of Air Transport Management**, v. 68, p. 152–164, 2018.

ENSSLIN, L., NETO, G.M., NORONHA, S. M., **Apoio à decisão - Metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas**, Florianópolis: Insular, 2001.

ENSSLIN, L., ENSSLIN, S.R., ROCHA, S., MARAFON, A.D., MEDAGLIA, T.A. **Modelo multicritério de apoio à decisão construtivista no processo de avaliação de fornecedores**. Produção. v.23, n.2, p.402-421, 2013.

ENSSLIN, L., MUSSI, C. C., ENSSLIN, S. R., DEMETRIO, S. N., Management support model for information technology outsourcing. **Journal of Global Information Management**, v. 28, n. 3, p. 123–147, 2020.

GIFFHORN, E., **Modelo multicritério para apoiar o uso de avaliações de desempenho com foco nos indicadores**. Tese (Doutorado). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, 2011.

HAAG, F.; ZURCHER, S.; LIENERT, J. **Enhancing the elicitation of diverse decision objectives for public planning**. European Journal of Operational Research, Volume 279, Issue 3, 2019, Pages 912-928, 2019.

HAAG, F.; ZURCHER, S.; LIENERT, J. **Enhancing the elicitation of diverse decision objectives for public planning**. European Journal of Operational Research, Volume 279, Issue 3, 2019, Pages 912-928, 2019.

JORDÃO, K. L.; GONÇALVES, T. J. M.; MORAES, D. G. S. V. M. M., Proposta de uma Abordagem Multicriterial Baseada na MCDA-C para a Avaliação de Desempenho: uma análise no departamento de obras, manutenção e serviços auxiliares de um instituto federal. **Exacta**, v. 0, n. 0, p. 29, 2021.

LANDRY, M. (1995). **A Note on the Concept of “Problem**. Organization Studies, 16(2), 315–343.

MONTIBELLER, N. G. **Mapas cognitivos difusos para apoio à decisão**. 2000. Tese (doutorado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico. Florianópolis, SC, 2000.

Roy, B. (2013). **Multicriteria methodology for decision aiding (Vol. 12)**. Springer Science & Business Media.



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
INSTITUTO FEDERAL DO ESPÍRITO SANTO

FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC nº 3/2023-CAR-CCEP
Protocolo nº 23152.000287/2023-34

Cariacica-ES, 09 de fevereiro de 2023

DANIELLE AIRÃO BARROS e RAIANE LECCHI CALIMAN
APLICAÇÃO DE METODOLOGIA MULTICRITÉRIO PARA APOIO À DECISÃO DE PRIORIZAÇÃO DE
ORDENS DE SERVIÇO DA OFICINA CENTRAL DE UMA USINA SIDERÚRGICA

Trabalho Final de Curso apresentado ao Curso de Pós-Graduação Lato Sensu em Engenharia de Produção com Ênfase em Tecnologias da Decisão do Instituto Federal do Espírito Santo, como requisito parcial para obtenção de título de Especialista em Engenharia de Produção com Ênfase em Tecnologias da Decisão.

Aprovado em 16 de Dezembro de 2022

COMISSÃO EXAMINADORA

D.sc. Tiago José Menezes Gonçalves
Instituto Federal Do Espírito Santo
Orientador

D.sc. Eritelto Fioresi de Sousa
Instituto Federal Do Espírito Santo
D.Sc. Guilherme Guilhermino Neto
Instituto Federal Do Espírito Santo

(Assinado digitalmente em 10/02/2023 16:12)

ERIVELTO FIORESI DE SOUSA

PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO TÉCNICO E TECNOLÓGICO
CAR-CPQ (11.02.19.01.07.01)
Matricula: 1579284

(Assinado digitalmente em 13/02/2023 11:48)

GUILHERME GUILHERMINO NETO

PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO TÉCNICO E TECNOLÓGICO
LIN-CCTA (11.02.25.01.08.02.03)
Matricula: 2151589

(Assinado digitalmente em 13/02/2023 19:50)

TIAGO JOSE MENEZES GONCALVES

PROFESSOR DO ENSINO BÁSICO TÉCNICO E TECNOLÓGICO
CAR-CCEP (11.02.19.01.08.03.10)
Matricula: 2073974

Para verificar a autenticidade deste documento entre em <https://sipac.ifes.edu.br/public/documentos/index.jsp> informando seu número: 3, ano: 2023, tipo: FOLHA DE APROVAÇÃO-TCC, data de emissão: 09/02/2023 e o código de verificação: eb1ee5185d