

## ANÁLISE ERGONÔMICA DE UMA EQUIPE DE COMPETIÇÃO DE FÓRMULA SAE EM UMA INSTITUIÇÃO DE ENSINO SUPERIOR

### ERGONOMIC ANALYSIS OF A SAE FORMULA COMPETITION TEAM AT A HIGHER EDUCATION INSTITUTION

Bruno Souza Almeida\*  E-mail: [bsabrunosouza@outlook.com](mailto:bsabrunosouza@outlook.com)  
Daniel Gustavo Silveira Araújo\*  E-mail: [daniel.gustavo.2008@hotmail.com](mailto:daniel.gustavo.2008@hotmail.com)  
Layslla Sousa Vieira\*  E-mail: [layslla12@gmail.com](mailto:layslla12@gmail.com)  
Simone de Cássia Silva\*  E-mail: [scassia@gmail.com](mailto:scassia@gmail.com)  
\*Universidade Federal de Sergipe (UFS), São Cristóvão, SE, Brasil.

**Resumo:** Diante da importância de garantir saúde, bem-estar e segurança dos membros nas realizações de suas atividades, esse artigo buscou realizar uma Análise Ergonômica do Trabalho (AET) em uma equipe de competição de Fórmula SAE e tem como objetivo validar a contribuição dessa metodologia para o ambiente de trabalho estudado. A metodologia de pesquisa caracterizou-se como sendo de natureza exploratória, o levantamento e coleta de dados deu-se por visitas periódicas *in loco* divididas em duas etapas, sendo: observação direta das condições ambientais e, posteriormente, foram realizadas as análises dos resultados. No tocante as condições ambientais, o estudo revelou alguns critérios em discordância com o padrão estabelecido pela Norma Regulamentadora NR-17. Paralelo a medição da ambientação física, aplicou-se o diagrama de dores a fim de avaliar o quadro algíco dos membros, sendo a causa raiz identificada a partir da ferramenta dos 5 porquês. Ao final são apresentadas recomendações para sanar os problemas identificados. Ressalta-se que o estudo aponta como limitações o fato de a organização avaliada estar apenas em período de ajustes do protótipo e não em um período de fabricação. Diante disso, observa-se a necessidade de que surjam pesquisas futuras para a análise do protótipo com condições mais intensas de atividades sendo realizadas.

**Palavras-chave:** Ergonomia. Análise Ergonômica do Trabalho. Posto de Trabalho.

**Abstract:** Given the importance of ensuring the health, well-being, and safety of team members in carrying out their activities, this article aimed to conduct an Ergonomic Workplace Analysis (EWA) in a Formula SAE competition team and aims to validate the contribution of this methodology to the studied work environment. The research methodology was characterized as exploratory in nature, with data collection conducted through periodic on-site visits divided into two stages: direct observation of environmental conditions, followed by the analysis of results. Regarding environmental conditions, the study revealed some criteria in disagreement with the standards established by the Regulatory Standard NR17. In parallel with the assessment of the physical environment, the pain diagram was applied to evaluate the pain profile of team members, with the root cause identified using the 5 Whys tool. Recommendations to address the identified problems are presented at the end. It is noteworthy that the study acknowledges limitations due to the fact that the evaluated organization is only in the prototype adjustment phase and not in a manufacturing period. Therefore, there is a need for future research to analyze the prototype under more intense activity conditions.

**Keywords:** Ergonomics. Ergonomic Work Analysis. Workstation.

## 1 INTRODUÇÃO

A ergonomia é a ciência que se preocupa com a compreensão da interação entre o homem e o ambiente em que está inserido em um sistema (Dong; Wang, 2022). Nesse contexto, sempre esteve presente nos sistemas humanos desde antes da sua consolidação como disciplina científica como também esteve presente nas bases da criação de mecanismos que fornecessem soluções para tarefas problemáticas aos humanos nos tempos antigos, evoluindo até o que hoje é conhecido como a ciência Ergonomia (Macleod, 2020).

Historicamente, com a Revolução Industrial, os ambientes – sobretudo de trabalho – foram tornando-se mais desafiadores, as jornadas de trabalho passaram a ser realizadas em ambientes insalubres nas quais os trabalhadores permaneciam cerca de 16 horas diárias e contava com maquinários cada vez mais complexos (Corrêa; Boletti, 2015). Em consequência deste cenário, a ergonomia surge como disciplina geradora de alto impacto social e técnico na nova sociedade que estava se moldando.

Este estudo versará sobre o que muito se publicada da saúde ocupacional nas discussões ergonômicas. Muitos fatores podem ser identificados nos processos de trabalho como determinantes da saúde dos profissionais, como os fatores sociais, econômicos, tecnológicos e organizacionais (Inocêncio; Silva, 2021).

Com relação ao estado de Sergipe, observa-se que foram registrados 1865 acidentes de trabalho somente no ano de 2022, de acordo com dados do *SmartLab* e do Ministério Público do Trabalho em Sergipe (MPT-SE). A partir desses dados, o governo tenta traçar planos no que se referem ao reforço pela notificação dos acidentes para que se tomem as medidas cabíveis. Entretanto, a pura notificação não irá resolver o problema, é necessário tomar medidas de avaliação e melhoria das condições de saúde física e psicossociais dos trabalhadores contribuindo para seu conforto e bem-estar (Lorenzini *et al.*, 2023).

De acordo com Santos e Silva (2017), o desenvolvimento de projetos para atender às necessidades de uma nova rede em ergonomia que se formava na época entre a Universidade Federal de Sergipe (UFS), organizações empresariais e outras instituições voltadas à inovação tecnológica. Essa rede de elementos passou a oferecer recursos científicos baseados na concepção e no uso de novas tecnologias, equipamentos, ferramentas e novos modelos gerenciais orientados para a melhoria

das condições humanas de trabalho nos diversos processos produtivos de empresas no Estado de Sergipe. Tratava-se da formação de uma rede interorganizacional, para promover a transferência de tecnologia, favorecida por meio do alinhamento entre os projetos realizados na universidade (produtora de conhecimento), as demandas das empresas (usuárias do conhecimento), sob o seguimento das governanças das regulamentações normativas (reguladores da apropriação e uso do conhecimento).

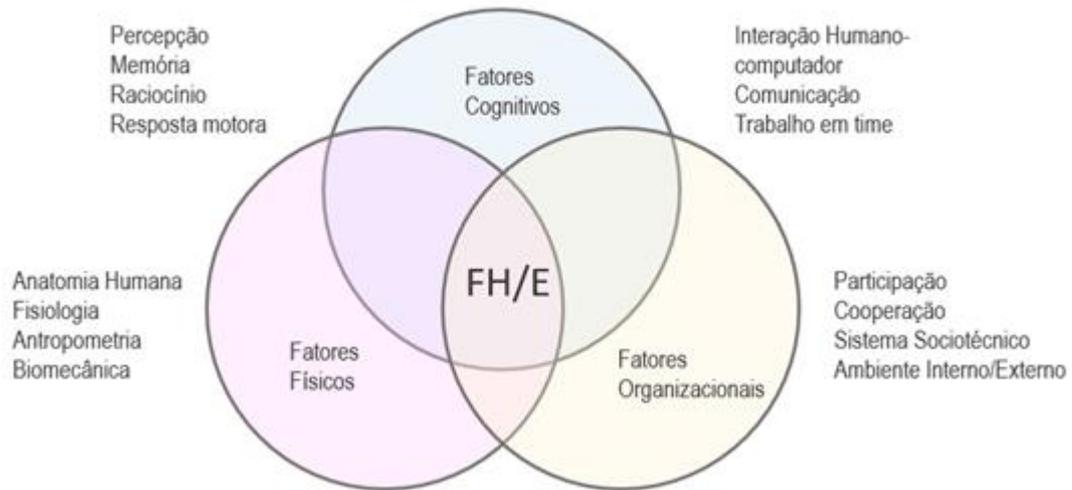
Tendo em vista este a inserção de novos projetos à rede institucional, o presente artigo teve o intuito de introduzir a metodologia da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) numa equipe de competição de Fórmula SAE sediada em uma Instituição de Ensino Superior (IES). No mais, o estudo foca sua análise no setor de ajustes e acabamento, pois este se destaca como a zona de maior criticidade na interação homem-máquina dentro do período observado.

## **2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA**

A ergonomia deriva-se do grego *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis) sendo compreendida como a “Ciência do Trabalho”. Ela se preocupa com o relacionamento ser humano, máquina e ambiente de trabalho, visando a aplicação de procedimentos com a finalidade de melhorar o bem-estar pessoal e a otimização do desempenho geral do sistema (Abergo, 2023). De acordo com Silva *et al.* (2023), o estudo ergonômico ultrapassa o caráter postural, visto que o conceito sobre Ergonomia é bastante amplo.

Segundo Lida (2005), ergonomia é comumente dividida em três domínios de trabalho: ergonomia física, cognitiva e organizacional, buscando analisar as condições prévias e as consequências resultantes da interação homem e posto de trabalho, conforme Figura 1.

**Figura 1** – Visão integrada da ergonomia

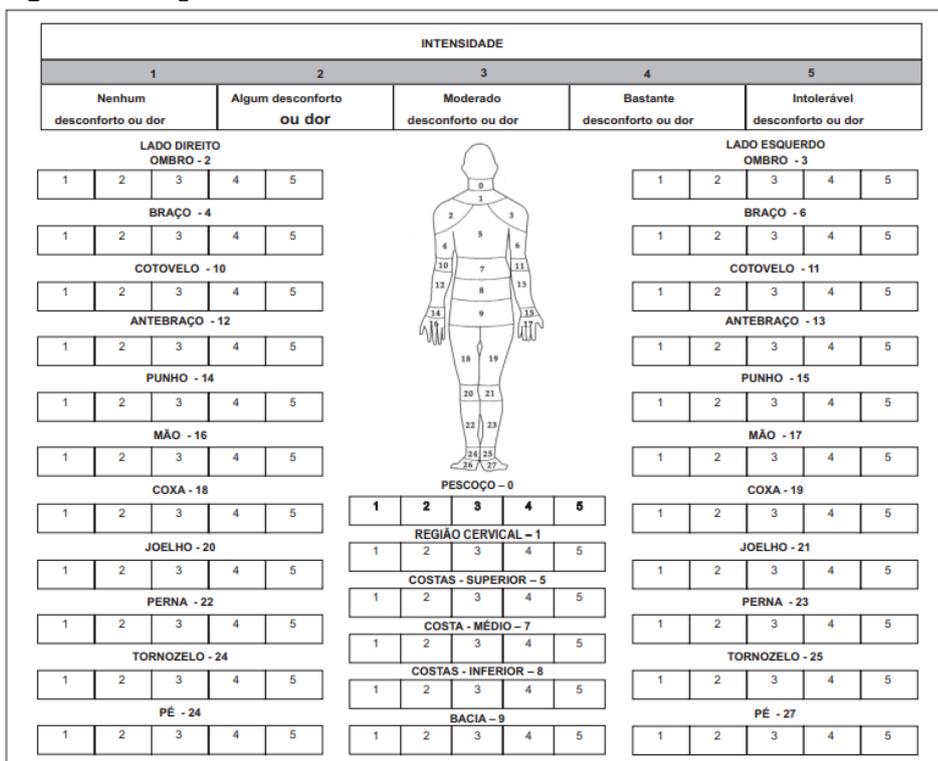


**Fonte:** ABERGO (2023).

Uma Análise Ergonômica do Trabalho (AET) visa avaliar os riscos ergonômicos e propor soluções para a melhoria das atividades de operações e a redução dos riscos de desenvolvimento de lesões e acidentes de trabalho. Para isso, a atuação do ergonomista em cada problemática tem características de um serviço com mão de obra qualificada para um atendimento individualizado (Vasconcelos, 2020).

O Diagrama de Dores, também conhecido como Diagrama de Corlett e Manenina ou Diagrama de Áreas Dolorosas, foi desenvolvido a partir da divisão do corpo humano em vinte e quatro segmentos em que o colaborador sob avaliação pode determinar as áreas dolorosas do próprio corpo e indicar a magnitude dessa dor. É uma ferramenta semiquantitativa para avaliação do desconforto postural e com os dados do resultado, é possível propor mudanças ou adequações no ambiente de trabalho, para eliminar a ocorrência desses desconfortos (Melo *et al.*, 2017), conforme demonstrado pela Figura 2.

**Figura 2** – Diagrama de Dores



Fonte: MOZZINI *et al.* (2008).

Segundo Suntti *et al.* (2023), a análise das condições biomecânicas, combinadas com as análises qualitativas e quantitativas, permite compreender o impacto do processo produtivo no qual os colaboradores se encontram expostos possibilitando a formulação de conclusões sobre o posto de trabalho e propor melhorias.

Neste contexto, uma ferramenta auxiliar ao diagrama de dores utilizada no Sistema Toyota de Produção (STP) que busca representar uma abordagem científica, para se chegar à verdadeira causa raiz do problema, denomina-se 5 Porquês (OHNO, 1997). O uso dos 5 Porquês consiste em perguntar “por quê?” repetidamente, sempre que se deparar com um problema, para ir além dos sintomas (Fonseca; Miyake, 2006).

Um outro conceito utilizado no estudo é o Programa 5S, Silva (2011) cita que o 5S teve a sua origem no Japão em meados dos anos 50, após a Segunda Guerra mundial. O pós-guerra impactou de forma significativa as grandes cidades, tanto em suas economias como nas organizações da gestão das suas empresas. Assim, como objetivo de reerguer as empresas do Japão durante esse período, Hiroyuki Hirano criou a metodologia 5S.

O Programa 5S objetiva promover melhorias nas organizações e obter um ambiente de trabalho, seguro, produtivo, organizado e eficiente. Os 5S que dão nome

à metodologia são: (i) SEIRI - Senso de Utilização: O que não for útil deve ser descartado; (ii) SEITON - Senso de Organização: focar no que realmente importa, aumentando assim a produtividade; (iii) SEISO - Senso de Limpeza tanto os instrumentos de trabalho quanto com o próprio ambiente; (iv) SEIKETSU - Senso de Padronização e Saúde: otimizar o tempo de todos, com o uso de alarmes, lembretes, informações e históricos; e SHITSUKE - Senso de Disciplina e Autodisciplina: inclui tempo e paciência para ter as mudanças como resultados.

Uma norma que integra o embasamento técnico é a NR-12, que descreve os mecanismos de segurança necessários para garantir a saúde e integridade física dos profissionais que atuam na instalação, operação e manutenção de máquinas em ambientes de trabalho (Brasil, 2022).

Para complementar a análise foi necessário acrescentar foco também na NR-23, que estabelece medidas de prevenção contra incêndios nos ambientes de trabalho (Brasil, 2022).

Neste arcabouço, o estudo traz à luz, sobretudo, a relevância do conteúdo da NR-17, que estabelece critérios que “permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente no trabalho” (Brasil, 2022).

Por conseguinte, tendo em vista as ferramentas e normas regulamentadoras apresentadas é mister suas boas práticas para gestão da segurança e saúde do trabalho em qualquer organização. Um plano estratégico para melhorar a saúde e segurança do trabalho visam não apenas evitar acidentes e doenças ocupacionais, mas também melhorar a produtividade dos trabalhadores dentro da empresa (Lari, 2023; Mutegi *et al.*, 2023). Assim, é essencial que as instituições invistam na implementação e na manutenção dessas práticas, buscando sempre a melhoria contínua dos processos no ambiente de trabalho.

### **3 METODOLOGIA**

De acordo com Prodanov e De Freitas (2013), esta pesquisa tem o cunho da aplicação das teorias em aplicação prática visando solucionar os impasses reais. Além de ser classificada como descritiva ao realizar um estudo detalhado da realidade do objeto de estudo que viabilize o desenvolvimento dos resultados e tendo uma

abordagem quantitativa por possuir embasamento na análise de um conjunto de dados numéricos que possibilita a fundamentação do trabalho (GIL, 2008).

O Quadro 1 apresenta as cinco etapas dos procedimentos metodológicos empregados no estudo.

**Quadro 1** – Etapas aplicadas

<b>Etapa 1</b>	<b>Etapa 2</b>	<b>Etapa 3</b>	<b>Etapa 4</b>	<b>Etapa 5</b>
Observação direta	Mapeamento de processos	Medições das condições de trabalho	Análise dos dados	Proposição de melhorias

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

- **Etapa 1:** Realização de observações diretas, com perguntas diretas acerca do entendimento das atividades, fotos e vídeos das condições de trabalho e ambientais que os membros do centro de competições estavam submetidos;
- **Etapa 2:** Mapeamento dos processos com o uso do *software* Bizagi Modeler;
- **Etapa 3:** Realização das medições das condições ambientais *in loco* com o uso do Termo-Higro-Decibelímetro-Luxímetro, modelo TDHL-400, da Instruterm, para verificar condições ambientais de temperatura, ruído, iluminação e qualidade do ar;
- **Etapa 4:** Análise dos resultados obtidos na etapa anterior em comparação com os parâmetros registrados nas Normas Regulamentadoras (NR);
- **Passo 5:** Proposição das recomendações de melhorias para as situações que se encontraram fora dos parâmetros normativos, a fim de propor maior segurança e bem-estar à equipe.

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Estudo de Caso – A equipe**

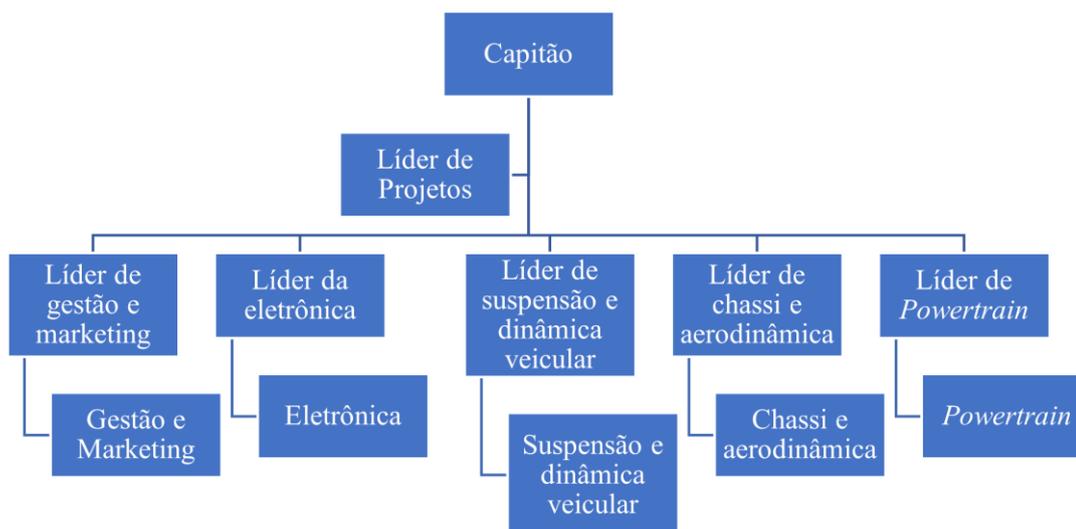
A organização abordada é uma equipe do Centro de Competições de uma Instituição de Ensino Superior Público tendo como objetivo o desenvolvimento de um carro de corrida tipo de fórmula SAE para as competições estudantis.

A jornada de trabalho dos membros é de cinco horas semanais individualmente, sendo que as escalas do expediente são de caráter flexível em decorrência de diversos fatores, como: carga horária das aulas, estágio, pendências pessoais, projetos de pesquisa e de extensão e outras atividades acadêmicas complementares.

A equipe é composta por 38 membros. Trata-se de uma equipe estudantil voluntária, em que a estrutura hierárquica é formal a fim do cumprimento das diretrizes existentes na IES, bem como para a caracterização dos membros nas competições. O uso do organograma é necessário para as tomadas de decisões mais urgentes.

Dessa forma, todos os membros da equipe são considerados como estando em um organograma horizontal perante as atividades rotineiras realizadas. Isso significa que, independentemente do cargo ou nível hierárquico, todos têm o mesmo nível de importância e responsabilidade para a execução das tarefas cotidianas.

**Figura 3** – Organograma da equipe de fórmula SAE



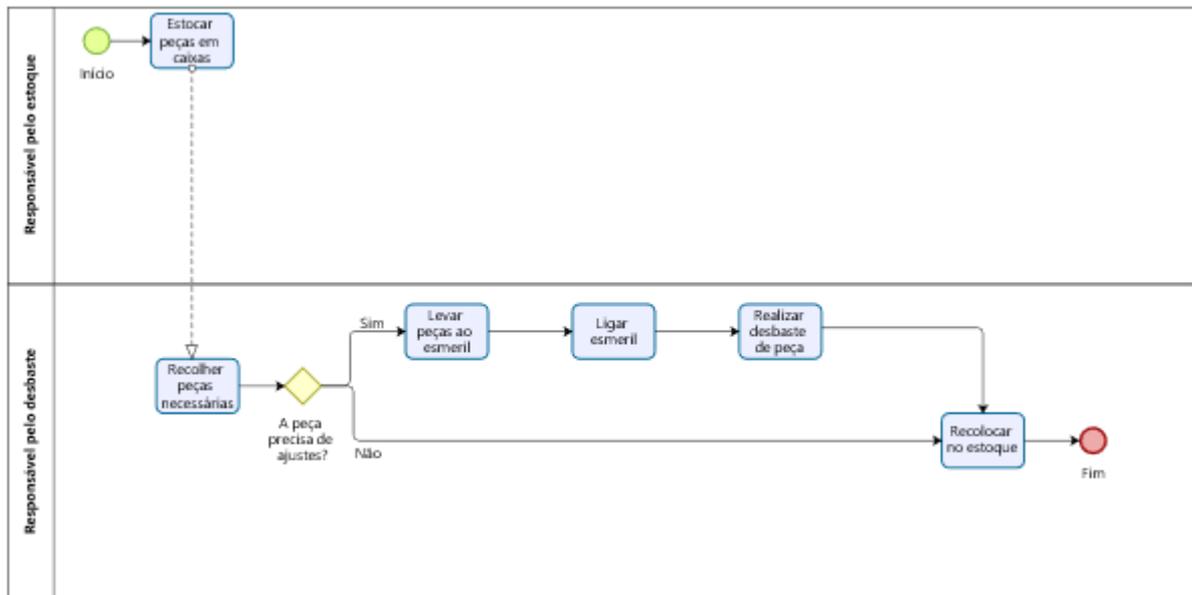
**Fonte:** Elaborada pelos autores.

A Figura 3 mostra um capitão sendo responsável por toda a equipe de competição e seis líderes divididos nas áreas existentes para o desenvolvimento do carro do tipo Fórmula SAE: projetos, gestão e marketing, eletrônica, suspensão e dinâmica veicular, chassi e aerodinâmica e *powertrain*.

## 4.2 Mapeamento de Processos

O mapeamento de processos busca entender as correlações existentes entre os setores, além de possibilitar a identificação de locais de melhorias (PRADELLA *et al.*, 2016). A Figura 4 identifica as atividades que compõem o processo de acabamento de peças. Este processo inicia com a entrada da peça vinda do estoque e seguindo até o corte com desbaste. Este processo foi selecionado devido à integração ser humano-máquina e ainda pela maior possibilidade de gerar um tipo de risco de acidente aos membros da equipe e/ou à peça, ferramenta ou até mesmo para a instalação predial.

**Figura 4** – Mapeamento do processo de acabamento de peças



**Fonte:** Elaborada pelos autores.

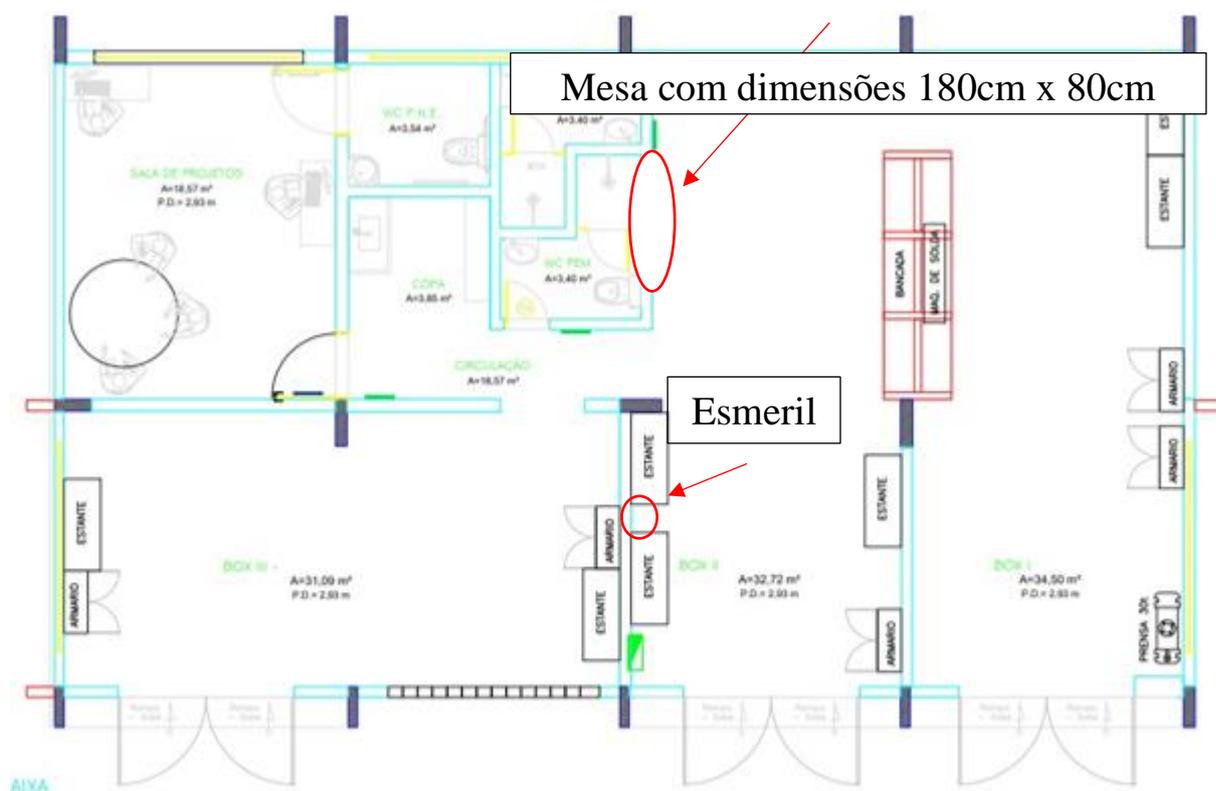
Neste recorte do processo observa-se o uso de uma esmerilhadeira DeWALT e outra BOSCH. As duas ferramentas elétricas estão localizadas em um espaço de trânsito de várias pessoas, fato que torna este local um ponto crítico da análise para o estudo.

### 4.2.1 Caracterização do ambiente de trabalho

A Figura 5 mostra a planta baixa da área em estudo, onde são compartilhadas as atividades de construção, reparo e modificação no carro de corrida tipo fórmula.

Este local opera dentro de um centro de competições reunindo membros de outras equipes como: equipe de *aerodesign*, equipe de nautimodelismo e equipe de carro *off-road*.

**Figura 5** – Planta baixa



**Fonte:** M. Sc. Macclarck Pessoa Nery (2022).

Ainda na Figura 5, tem-se a representação de uma mesa com um esmeril instalado em um espaço de circulação de muitas pessoas, o que aumenta o grau de risco de acidentes devido aos esbarrões entre os corpos em circulação constante.

A Figura 6 demonstra a disposição física do esmeril de bancada fixa. Esta ferramenta elétrica está localizada ao lado de duas estantes no caminho da entrada do edifício, isso potencializa o risco de acidentes tanto do operador como dos demais membros em circulação.

**Figura 6 - Esmeril de bancada**



**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Por observação direta, percebe-se que não há anteparos seguros para o operador, conforme é explicitado pela NR12. Nota-se também a dificuldade de acesso ao comando liga-desliga, que está voltado para a parede ao invés de direcionado ao operador, como demonstrado pela Figura 7. Esta situação pode trazer um evento inesperado na operação em que o esmeril está em movimento, deixando o trabalhador exposto a uma situação de perigo.

**Figura 7 - Comando liga-desliga**



**Fonte:** Elaborada pelos autores.

É importante que a equipe esteja alerta à Instrução Normativa (IN) n° 1, de 30 de julho de 2019, com origem na IN n° 129/2017, que estabelece um prazo de 24 meses para a adequação às requisições da NR-12 a contar a partir da data de publicação da Portaria SEPTR/ME n° 916 de 30 de julho de 2019.

### 4.2.1 Proteção contra incêndios

O estudo da NR-23 possibilitou a averiguação do extintor de incêndio, além da utilização da NBR 12962 (ABNT, 2016), que estabelece condições para a verificação recorrente aos serviços de inspeção e manutenção destes equipamentos.

A Figura 8 representa a situação real do extintor de incêndio, mostrando que já passava da data de troca e, ainda, o indicador do manômetro indica a situação de despressurização. O que segundo Guerra *et al.* (2006) compromete o êxito do funcionamento e a segurança dos integrantes da equipe e seus arredores, como a disposição das identificações referentes à abertura, saída de vias e as passagens de emergência (NR-23, 2022).

**Figura 8** - Manômetro do extintor de incêndio



Fonte: Elaborada pelos autores.

### 4.3 AMBIENTE TÉRMICO

As medições, comparações térmicas e análises foram embasadas seguindo as diretrizes da NR-17. O objetivo desta análise é proporcionar informações que garantam a equipe melhorar o conforto, a segurança e a saúde dos seus membros por meio do resultado da exposição humana ao ambiente térmico. Os parâmetros utilizados como referência foram:

- Temperatura do ar: 23°C a 26°C;
- Umidade relativa mínima: 40%; e

- Velocidade do ar em 0,75m/s.

Em complemento à NR17, a ISO 7730 estabelece critérios para determinar se o ambiente apresenta condições térmicas apropriadas versa a norma que o ambiente será considerado apropriado quando o PPD (*Predicted Percentage of Dissatisfied*) não ultrapassar 10% dos entrevistados. Para esta verificação participaram 14 componentes que integram a equipe, tendo a obtenção de um PPD de 100%, ou seja, a temperatura foi classificada como inapropriada para todos.

As medições de temperatura podem ser observadas na Tabela 1, obtidas em seis locais diferentes. Estes pontos foram escolhidos por ter a maior concentração de pessoas trabalhando na realização de ajustes, principal setor analisado nesta pesquisa.

**Tabela 1** - Medições de temperatura na área de ajustes

Medida	Temperatura [°C]
01	28,4
02	28,0
03	28,5
04	28,7
05	30,0
<b>Média das temperaturas</b>	<b>28,8</b>

Fonte: Elaborada pelos autores.

O valor médio da temperatura na área de ajustes foi de 28,8° C.

#### 4.4 Ambiente lumínico

O ambiente lumínico refere-se ao conjunto de características e condições de iluminação em um determinado espaço. Tais condições incluem: tipo de iluminação (natural, artificial ou a combinação de ambas), a quantidade de luz presente no ambiente, a temperatura da cor da luz, a sua distribuição no espaço de trabalho entre outros fatores que afetam a percepção visual e a sensação de conforto dos usuários do ambiente (ABNT, 1992).

No Brasil, há a Norma de Higiene Ocupacional NHO 11 (2018) que disponibiliza meios para avaliação dos níveis de iluminamento em ambientes internos de trabalho. Esta documentação apresenta iluminâncias para cada área de operações, respeitando requisitos para a tarefa visual, aspectos psicofisiológicos, experiência prática, uniformidade, ofuscamento, entre outros fatores. O Tabela 2 da NHO 11 foi

utilizado para análise da situação do ambiente lumínico para as atividades realizadas pela equipe.

**Tabela 2** - Níveis mínimos de iluminamento E (lux) em função do tipo de ambiente, tarefa ou atividade

Tipo de ambiente, tarefa ou atividade	E (lux)	IRC/Ra*
<b>14. Trabalho e processamento em metal</b>		
Ferramentaria e fabricação de equipamentos de corte	750	60
Forjamento por derramamento, soldagem e moldagem a frio	300	60
<b>Montagem:</b>		
- bruta	200	80
- média	300	80
- fina	500	80
- de precisão	750	80
Pintura e preparação de superfícies	750	80
Confecção de ferramentas, modelo e dispositivo, mecânica de precisão e micromecânica	1.000	80

**Fonte:** Adaptado da NHO 11 (2018).

Destaque-se a linha correspondente a moldagem de peças de precisão e montagem de precisão, setor avaliado no estudo. A Tabela 3 apresenta os valores das medições de iluminamento na área de ajustes.

**Tabela 3** - Medições de iluminamento na área de ajustes

Medida	Valor [lux]
01	178
02	179
03	182
04	183
05	186
<b>Média de iluminamento</b>	<b>182</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

O valor médio do iluminamento na área de ajustes foi de 182 lux.

#### 4.5 Ambiente acústico

A Norma Regulamentadora NR15, que estabelece critérios para a avaliação de riscos no nível de ruído no ambiente de trabalho. Segundo Catto (2021), a exposição ao ruído pode causar danos à saúde dos trabalhadores, como perda auditiva, problemas de concentração e estresse.

O Anexo 1 da NR 15 estabelece os LIMITES DE TOLERÂNCIA PARA RUÍDO CONTÍNUO OU INTERMITENTE, apresenta o tempo máximo de exposição dos operadores permitido em relação ao nível de ruído identificado, conforme Tabela 4.

**Tabela 4** - Medições do nível de ruído das esmerilhadeiras

<b>Equipamento</b>	<b>Medida</b>	<b>Ruído [dB]</b>
Esmerilhadeira DeWALT	01	97,4
	02	85,8
	03	97,6
	04	98,2
	05	97,2
<b>Média dos ruídos da DeWALT</b>		<b>95,2</b>
Esmerilhadeira BOSCH	01	174,6
	02	189,6
	03	188,6
	04	192,4
	05	199,2
<b>Média dos ruídos da BOSCH</b>		<b>188,9</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores

As medidas destas tabelas foram tiradas e analisadas no mesmo local, uma vez que o operador utiliza sempre as Esmerilhadeira DeWALT e BOSCH na mesma localização.

#### 4.6 Qualidade do ar

Segundo a NR-17 a temperatura do ambiente de trabalho em que são realizadas atividades deve estar entre 20 e 23° C, velocidade do ar a 0,75 m/s, com uma umidade relativa mínima de 40%. A aferição dos parâmetros foi realizada, conforme consta na Tabela 5.

**Tabela 5** - Medições da qualidade do ar

<b>Medida</b>	<b>Umidade relativa [%]</b>	<b>Velocidade do vento [m/s]</b>
01	68,8	0,0
02	73,1	1,92
03	69,7	0,0
<b>Média da qualidade do ar</b>	<b>70,5%</b>	<b>0,64 m/s</b>

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Outras amostras da velocidade do vento foram realizadas no mesmo espaço físico, porém os valores encontrados foram 0,00 m/s. Nota-se que a Medida 2 é a exceção, apresentando 1,92m/s para a velocidade do vento. A realização desta leitura

foi feita no único local que havia um ventilador de teto. Dada esta observação, os próprios integrantes concentram o motor do carro e o esmeril próximo dessa área, como forma de trabalhar com um melhor conforto térmico.

Ressalta-se que consta na NR-17 que em locais com a existência de fonte de calor, ou de trabalhos pesados, pode-se ter uma velocidade do vento maior do que 0,75 m/s.

#### 4.7 Análise das condições ambientais de trabalho: Dados sintetizados

A Tabela 6 apresenta os principais resultados da pesquisa com os seguintes dados: temperatura (%PPD), luminância (lux), decibéis (dB), velocidade do ar (m/s) e a umidade relativa (%).

**Tabela 6** - Dados sintetizados

VARIÁVEL	VALOR MÉDIO	VALOR RECOMENDADO	NORMA
Temperatura [%PPD]	100	≤ 10	ISO 7730
Iluminância [lux]	182	720 a 750	NBR ISO/CIE 8995-1
Ruído [dB] Esmerilhadeira DeWALT	95,2	85	NR-15
Ruído [dB] Esmerilhadeira BOSCH	188,9	85	NR-15
Velocidade do ar [m/s]	0,64	1,5	NR-17*
Umidade [%]	70,5	Não inferior a 40	NR-17

**Fonte:** Elaborada pelos autores.

Como resultado das análises, afirma-se que o local não se enquadra como ideal em quase todos dos requisitos avaliados, fato que justifica ainda mais a importância da pesquisa.

Dessa forma, os resultados do estudo possibilitam a melhora do bem-estar dos integrantes, de forma a prevenir acidentes e aumentar a produtividade, fatores relevantes ao estudo ergonômico.

#### 4.8 Diagrama de dores e 5 porquês

A ferramenta utilizada nesta pesquisa para avaliar situacionalmente o quadro algico dos membros da equipe de competição é o Diagrama de Dores, que representa o corpo humano em vista anterior e posterior. Neste instrumento é o próprio

colaborador que aponta os locais que lhe causam incômodos. Os resultados obtidos estão presentes na Figura 9, que demonstra serem nas costas médio, inferior e bacia as dores são mais intensificadas, cabendo investigar a origem desse desconforto.

**Figura 9** - Diagrama de dores aplicado



**Fonte:** Adaptado de MOZZINI *et al.* (2008).

Após esta análise foram identificadas as causas raízes do problema no setor da oficina. A ferramenta dos 5 Porquês favoreceu esta análise, tendo sido obtidos os resultados apresentados no Quadro 3. Para a aplicação da ferramenta, foram realizadas entrevistas com os trabalhadores do setor. Com isto, foi possível identificar a causa potencial para o problema: Falta de conhecimento técnico dos conceitos e aplicabilidade da ergonomia.

**Quadro 2** - Aplicação dos 5 Porquês

PERGUNTA	POR QUÊ?	RESPOSTA
1	Por que você está sentindo dor nas costas?	Porque estou trabalhando numa posição desconfortável.
2	Por que você está trabalhando numa posição desconfortável?	Porque a bancada é muito baixa para minha estatura.
3	Por que a bancada é muito baixa para você?	Porque a bancada é fixa, sem regulagem.
4	Por que a bancada é fixa e sem regulagem?	Porque não nos é fornecido outro tipo de bancada para trabalho.
5	Por que não é fornecido outro tipo de bancada?	Porque não há conhecimento de que a bancada é prejudicial para a saúde física dos trabalhadores.

**Causa raiz identificada**

Falta de conhecimento técnico dos conceitos e aplicabilidade da ergonomia.

**Fonte:** Elaborado pelos autores.

Houve respostas para cada um dos questionamentos e a última identificou a causa raiz do problema. Importante ressaltar que para cada problema foi identificada apenas uma causa. Assim foi possível elaborar recomendações de melhorias para sanar cada dificuldade.

O foco foi direcionado à causa raiz do problema: a região lombar. Além da pontuação mais elevada no Diagrama de Dores, pôde-se observar que o colaborador passa muito tempo em pé manuseando e utilizando equipamentos pesados na bancada fixa, gerando assim uma sobrecarga nessa região. Este problema pode causar sérios transtornos à integridade física do funcionando então, é de suma importância utilizar cinta ergonômica para prevenir e reduzir os impactos de uma lesão grave. Como causa aditiva das dores lombares, constou-se que todas as cadeiras disponibilizadas estavam danificadas na regulagem da altura.

É necessário que as descrições técnicas para mobiliário estejam presentes nos requisitos, devendo ser considerados elementos importantes no processo de licitações de compra, além do item preço. Isso pode reduzir o risco de desenvolvimento de doenças ocupacionais, como a lombalgia e a cervicalgia, que estão associadas à postura inadequada durante o trabalho.

#### **4.9 Recomendações**

Sobre a proteção contra incêndios a recomendação é para que seja estabelecida a consonância com a NR-23 e ABNT NBR 12962. A NR-23 estabelece diretrizes que os trabalhadores tenham informações quanto: utilização dos

equipamentos contra incêndios, procedimentos de respostas aos cenários de emergência etc. Enquanto a ABNT NBR 12962 estabelece a frequência da inspeção para os extintores de incêndio, devendo ser cumprido para que se ofereça um equipamento funcional no local. Em decorrência da atual situação de despressurização do extintor, cabe o planejamento da equipe para a substituição, e posterior manutenção. Conforme a Organização Internacional do Trabalho (2018), deve-se oferecer treinamentos para o uso apropriado dos extintores de incêndio e manter um plano de evacuação.

Quanto às ferramentas de esmeril deve-se atentar à NR-12, Instrução Normativa nº 129/2017 e Instrução Normativa nº 001/2019. Deve-se verificar a adequação das máquinas e equipamentos para promover uma maior segurança ao operador. Recomenda-se a instalação do esmeril de bancada com o botão liga-desliga voltado ao operador, bem como a inclusão de proteção acrílica com sistema antifalhas.

A recomendação para a da temperatura média encontrada de 28,8°C medida pode ser é a ampliação do uso de sistema de ventilação artificial, e ainda a instalação de um sistema de exaustão (Organização Internacional do Trabalho, 2018).

Para a melhoria das condições do ambiente lumínico é indicada a ABNT NBR/CIE 8995-1, que aponta como um valor de 750 luxes. recomenda-se uma intervenção ergonômica por meio da ampliação do quantitativo de lâmpadas com refletores espelhado, da disponibilização de iluminação localizada de mesa, como também recomendado pela Organização Internacional do Trabalho (2018), da utilização da combinação de luz artificial quando a luz natural for classificada como insatisfatória para a execução das tarefas.

Seguindo para as recomendações do ambiente acústico, a NR-15 determina que o nível máximo de ruído para uma jornada de trabalho é de 85 dB e a partir desse valor, deve-se adotar mecanismos de proteção auditiva. O ruído médio para o equipamento Esmerilhadeira DeWALT foi de 95,2 dB, portanto recomenda-se o uso de protetor auricular com  $NRR_{sf}$  de 15 dB. Já com o uso da Esmerilhadeira BOSCH, teve um valor médio de 188,9 dB, é válido o uso combinado do protetor auricular com um abafador de ruído para atenuação. Além disso, deverá respeitar a exposição máxima permissível por dia, conforme o Anexo N°.01, da NR-15, que promove a rotatividade entre os operadores do equipamento, além de fornecer um recinto

apropriado para as ferramentas ruidosas (Organização Internacional do Trabalho, 2018).

Em relação à qualidade do ar, deve-se obedecer à NR-17, que trata da faixa mínima de umidade de 40%. Portanto, o ambiente está em harmonia com a recomendação, visto que a umidade média foi de 70,5%.

Silva (2022) orienta que o assento das cadeiras deve permitir variações de postura, e o encosto a inclinação do tronco tanto para frente como para trás. As dimensões dos assentos devem ser adequadas às medidas antropométricas do usuário, em particular a altura poplíteia (medida com o joelho a 90° de flexão, da cavidade poplíteia até o solo). Deve-se considerar a facilidade de sentar-se e levantar, de forma a manter a estabilidade do assento. Pequenos acolchoamentos do assento e do encosto. O espaldar deve ter uma almofada lombar bem formada, para proporcionar um bom apoio à coluna. Para evitar o emborcamento, o ideal são cadeiras de cinco rodízios para permitir bom deslocamento, maior resistência e segurança. É recomendável, sempre que possível, que o ambiente esteja projetado para que os membros da equipe possam alternar a posição sentada e em pé.

De forma geral mais uma recomendação deve ser considerada, a adoção do Programa 5S. A metodologia 5S é norteada por cinco princípios básicos: organização, utilização, limpeza, padronização e autodisciplina. A aplicação do 5S traz ganhos para diversos setores estruturais, como melhoria dos processos, redução do tempo nas atividades, ganho de produtividade e potencializa a eficiência e eficácia da organização (Martins, 2014). Analisando o posto de trabalho, infere-se que seriam penalizados em 4 dos 5 princípios da metodologia. Visto que, as ferramentas de trabalho não estão sinalizadas, há excesso de caixas vazias e materiais amontados, prateleiras e armários sujos e, por fim, equipamentos que não funcionam e continuam armazenados. Diante disso, justifica-se a aplicação do 5S.

## **5 CONCLUSÃO**

Este trabalho trata de apresentar uma visão macro a respeito da análise ergonômica de uma equipe de competição de Fórmula SAE, visando identificar possíveis riscos ergonômicos e propor medidas para prevenção de lesões e doenças relacionadas ao trabalho. Com isso, por meio da coleta e análise dos dados, evidenciou-se que há discordância com os padrões estabelecidos pela NR-17, no

tocante as condições ambientais, de equipamentos, como também a estrutura do local de trabalho.

É importante ressaltar que o foco desse trabalho se trata exclusivamente do estudo referente às disfunções evidentes das condições ambientais de trabalho, como também da aplicação do diagrama de dores para identificação dos pontos críticos em relação à biomecânica ocupacional. Diante disso, questões estruturais do carro e a sua interação com o ser humano não foi abrangida nesse material. Dessa forma, sugere-se a realização de um estudo futuro a respeito da posição adequada dos pedais, postura do piloto durante a corrida, ajuste do banco e design estrutural do carro.

Este estudo possibilitou a identificação dos pontos críticos que necessitam de melhoria e acompanhamento. As recomendações foram sugeridas a fim de se obter um ganho favorável em relação à produtividade, saúde, conforto e bem-estar dos membros da equipe, prevenir acidentes decorrentes de atividades rotineiras e melhorar a ambientação da oficina.

O fato de a organização não possuir fins lucrativos, sendo totalmente dependente de fundos arrecadados pelos integrantes e doados pela universidade, há limitações de investimentos para a aquisição de materiais trazidos nas recomendações deste estudo, tal como cadeiras com certificados de adequação ergonômica, troca de lâmpadas, instalações e ajustes nos itens de segurança das ferramentas de esmeril para atendimento à NR-12, entre os demais trazidos nos resultados da pesquisa. Como limitações de pesquisa. Ademais, outra limitação foi o fato de a equipe não estar em período de fabricação, mas sim em ajustes do protótipo.

Outras sugestões para trabalhos futuros é a realização deste estudo na etapa de fabricação do protótipo, em condições mais tensas de atividades. Ademais uma abrangência para uma pesquisa futura é a análise ergonômica nas outras equipes de competição existentes dentro da Universidade Federal de Sergipe, de modo a melhorar todo o ecossistema de desenvolvimento de protótipos dos mais variados, com a ergonomia a conectar intensamente as relações entre o ser humano, o ambiente e o equipamento com suas ferramentas e instrumentos.

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos em especial a Fundação de Apoio à Pesquisa e à Inovação Tecnológica do Estado de Sergipe (FAPITEC/SE) através do fornecimento dos equipamentos de medição utilizados. Além disso, contou-se também com o apoio da equipe de competição de fórmula SAE, bem como os alunos e professores do departamento responsável, pelo fornecimento de informações e aberturas dos espaços internos para realização das medições, entrevistas e análises. Por meio disso, foi possível contribuir com a construção de conhecimento e a realização das atividades pertencentes a esse estudo.

## REFERÊNCIAS

ABNT. **NBR 5413**: Iluminação de interiores. Rio de Janeiro: ABNT, 1992.

ABNT. **NBR 12962: Extintores de incêndio – Inspeção e manutenção**. Rio de Janeiro, 2016.

BRASIL. Instrução Normativa nº 1, de 30 de julho de 2019. **Diário Oficial da União**: edição 146, seção 1, página 14, Brasília: Ministério do Trabalho, 31 de julho de 2019.

BRASIL. Instrução Normativa nº 129, de 11 de janeiro de 2017. **Diário Oficial da União**: edição 9, seção 1, página 36, Brasília: Ministério do Trabalho, 12 de janeiro de 2017.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR 12**: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos. Rio de Janeiro, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR 15**: Atividades e operações insalubres. Rio de Janeiro, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR 17**: Ergonomia. Rio de Janeiro, 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Previdência. **NR 23**: Proteção contra incêndios. Rio de Janeiro, 2022.

CATTO, Jucelma Avanzi. **Segurança e saúde ocupacional**: a prevenção do ruído. Espírito Santo: Editora IFS, 2021.

CORREA, V.; BOLETTI, R. **Ergonomia: fundamentos e aplicações**. Bookman Editora, 2015.

DA SILVA, J. T. X.; DE LIMA, K. K.; ARÃO, I. R.; SOARES, H. P. dos S. Análise Dos Riscos Da Ergonomia Física Do Posto De Trabalho Da Manicure/ Pedicure Em Estúdio De Beleza: Estudo De Caso. **Revista Foco**, v. 16, n. 1, p. e747, 2023.

DONG, L.; WANG, J. Intelligent Safety Ergonomics: A Cleaner Research Direction for Ergonomics in the Era of Big Data. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 20, n. 1, p. 423, 2022.

FONSECA, A. V. M.; MIYAKE, D. Uma análise sobre o ciclo PDCA como um método para solução de problemas de qualidade. 2006, Anais.. Fortaleza: **ABEPRO**, 2006. Acesso em: 03 abr. 2023.

Fundacentro. **Norma de higiene ocupacional: avaliação dos níveis de iluminação em ambientes internos de trabalho: procedimento técnico**. São Paulo: Fundacentro, 2018.

Gil, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2008.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 2 ed. rev. e ampliada. São Paulo: Blucher, 2005.

INOCÊNCIO, J. S.; SILVA, S. DE C. Absenteísmo por problemas de saúde dos profissionais de um hospital universitário. **Research, Society and Development**, v. 10, n. 10, p. e32101018507 – e32101018507, 2021.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION. **Moderate thermal environments - Determination of the PMV and PPD indices and specification of the conditions for thermal comfort**, ISO 7730. Genebra, 2005.

LARI, M. A Longitudinal Study on the Impact of Occupational Health and Safety Practices on Employee Productivity. **Safety science**, v. 170, p. 106374, 2023.

LORENZINI, M.; LAGOMARSINO, M.; FORTINI, L.; GHOLAMI, S.; AJOUDANI, A. Ergonomic human-robot collaboration in industry: A review. **Frontiers in Robotics and AI**, v. 9, p. 262, 2023.

MACLEOD, D. The Rise of Shop Floor Ergonomics: A Personal Perspective. **IIE Transactions on Occupational Ergonomics and Human Factors**, v. 8, n. 2, p. 99-104, 2020.

MARTINS, C. A. **Proposta de implementação da ferramenta 5S em empresa de tampografia e serigrafia: um estudo de caso**. Monografia, Universidade Tuiuti do Paraná, Curitiba, 2014.

MELO, B.V.F.; FRUJUELLE, R.; FERREIRA.T.M.; MELO.R.V. **Uso de ferramentas ergonômicas: Estudo de caso em uma empresa do setor hoteleiro**. Ética & Gestão, 2017.

MOZZINI, Carolina Barreto; POLESE, Janaine Cunha; BELTRAME, Mara Rubia. Prevalência De Sintomas Osteomusculares Em Trabalhadores De Uma Empresa De Embalagens Metálicas De Passo Fundo – RS. **Revista Brasileira em Promoção da saúde**, v. 21, n. 2, p. 92 – 97, 2008.

MUTEGI, T. M.; JOSHUA, P. M.; MAINA, J. K. Workplace safety, Employee safety attitudes and employee productivity of manufacturing firms. **SA Journal of Human Resource Management**, v. 21, n. 0, p. 11, 2023.

NERY, Macclarck Pessoa. Planta-baixa, 2022.

**O que é Ergonomia**. ABERGO. Disponível em: <https://www.abergo.org.br/o-que-%C3%A9-ergonomia>. Acesso em: 21 abr. 2023.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção além da produção em larga escala**. Porto Alegre: Bookman, 1997.

ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO. **Pontos de verificação ergonômica**: soluções práticas e de fácil aplicação para melhorar a segurança, a saúde e as condições de trabalho. 2 ed. São Paulo: Fundacentro, 2018.

PRADELLA, Simone; FURTADO, João Carlos; KIPPER, Liane Mählmann. **Gestão de processos**: da teoria à prática. 4 ed. São Paulo: Atlas, 2016.

PRODANOV, Cleber Cristiano; DE FREITAS, Ernani Cesar. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico. Novo Hamburgo: FEEVALE, 2013.

Santos, Alisson Lima; Silva, Simone de Cássia. A intervenção ergonômica no processo de fabricação de produtos químicos em uma empresa da rede PETROGAS, Sergipe. **Gestão & Produção**, 2017, v. 24, n. 3, p. 488 – 500.

SILVA, M. C. Programa 5S – **Qualidade Total**. **Fundação Educacional do Município de Assis** – Fema, São Paulo, 2011. SMARTLAB - PROMOÇÃO DO TRABALHO DECENTE. Disponível em: <https://smartlabbr.org>. Acesso em: 22 abr. 2023.

SILVA, S. C. **Anotações de aula, disciplina Ergonomia do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Sergipe**. Aracaju. 2022.

SUNK, A.; KUHLANG, P.; EDTMAYR, T.; SIHN, W. Developments of traditional value stream mapping to enhance personal and organisational system and methods competencies. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 13, p. 3732 – 3746, 2017.

SUNTTI, C.; MEDEIROS, G. R; Camara, I. P. Análise ergonômica em postos de trabalho de uma empresa de pequeno porte. **Revista Produção Online**, v. 22, n. 3, p. 3316 – 3336, 2023.

VASCONCELOS, C. R. **Gestão de operações em serviços**: ferramentas e técnicas aplicadas à gestão. São Cristóvão: Editora UFS, 2020.

## **AUTORES**

### **Bruno Souza Almeida**

Discente do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

### **Daniel Gustavo Silveira Araújo**

Discente do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

### **Layslla Sousa Vieira**

Discente do Curso de Engenharia de Produção da Universidade Federal de Sergipe (UFS).

### **Simone de Cássia Silva**

Possui graduação em Engenharia Metalúrgica pela Universidade Presbiteriana Mackenzie (1993), mestrado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2001) e doutorado em Engenharia de Produção pela Universidade Federal de Santa Catarina (2006). Atualmente é Professor Associado IV da Universidade Federal de Sergipe, do Departamento de Engenharia de Produção (DEPRO) e efetiva do Programa de Pós-Graduação Profissional em Gestão e Inovação Tecnológica em Saúde (PPGITS). Tem experiência nas seguintes áreas de: sistemas gerenciais para a saúde coletiva, ergonomia, segurança do trabalho, inovação e transferência tecnológica.



Artigo recebido em: 04/12/2023 e aceito para publicação em: 31/01/2024  
DOI: <https://doi.org/10.14488/1676-1901.v23i3.5101>