



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO DE ARTES E COMUNICAÇÃO
MESTRADO PROFISSIONAL EM ERGONOMIA**

Bráulio Carmo Ribeiro Gonçalves

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DO ERGONOMISTA NA AVALIAÇÃO
POSTURAL DO SERVENTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO AS
FERRAMENTAS RULA, REBA E KINEBOT (FERRAMENTA BASEADA EM
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL)**

Recife

2025

Bráulio Carmo Ribeiro Gonçalves

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DO ERGONOMISTA NA AVALIAÇÃO
POSTURAL DO SERVENTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO AS
FERRAMENTAS RULA, REBA E KINEBOT (FERRAMENTA BASEADA EM
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL)**

Qualificação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ergonomia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ergonomia. Área de concentração: Ergonomia e Usabilidade de Produtos, Sistemas e Produção.

Orientador: Doutor José Guilherme da Silva Santa Rosa

Recife

2025

Bráulio Carmo Ribeiro Gonçalves

**ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DO ERGONOMISTA NA AVALIAÇÃO
POSTURAL DO SERVENTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO AS
FERRAMENTAS RULA, REBA E KINEBOT (FERRAMENTA BASEADA EM
INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL)**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ergonomia da Universidade Federal de Pernambuco, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ergonomia.

Aprovado em: 09/10/2025.

BANCA EXAMINADORA

Professor Doutor José Guilherme da Silva Santa Rosa
Orientador
Universidade Federal de Pernambuco

Professora Doutora Rosiane Pereira Alves
Examinador Interno
Universidade Federal de Pernambuco

Professor Doutor Alison Alfred Klein
Examinador Externo
Universidade Federal do Paraná

Catalogação de Publicação na Fonte. UFPE - Biblioteca Central

Gonçalves, Bráulio Carmo Ribeiro.

Estudo comparativo da eficiência do ergonomista na avaliação postural do servente da construção civil utilizando as ferramentas RULA, REBA e Kinebot (ferramenta baseada em inteligência artificial) / Bráulio Carmo Ribeiro Gonçalves. - Recife, 2025.

166f.: il.

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro de Artes e Comunicação, Pós graduação em Ergonomia, 2025.

Orientação: José Guilherme da Silva Santa Rosa.

Inclui referências e apêndices.

1. Ergonomia; 2. Construção civil; 3. Tecnologia. I. Santa Rosa, José Guilherme da Silva. II. Título.

UFPE-Biblioteca Central

AGRADECIMENTOS

A busca de soluções para um trabalho digno e saudável deve ser incessante e vai além da atribuição do profissional de ergonomia. A busca pelo bem-estar deve ser inerente ao indivíduo e envolve empatia para com os seus semelhantes. Foi com esse entendimento que me atrevi a trilhar essa etapa de um caminho longo a percorrer.

Nessa trajetória foram enfrentados dúvidas e medos, e aprendi muito sobre mim mesmo. Tive também muitas alegrias, pois cada disciplina findada era a certeza de uma etapa vencida rumo a um objetivo.

Não vou elencar os nomes de todos que fizeram parte dessa história, pois estaria sendo injusto ao deixar algum nome fora dessa lista. Meus agradecimentos iniciam-se com Ele, a quem venero, dou glória e agradeço todos os dias. Agradeço aos meus pais, Rafael e Josete; irmãs, Milena e lúna, e sobrinha Ingrid, que mesmo distantes sempre me incentivaram e oraram por mim. Agradeço à minha esposa Viviane e aos meus sogros, Aderson e Helena, pelo apoio, dedicação e compreensão. Ao meu grande amigo Jivago Monteiro pelas mensagens de fé, e à Sanda Vespasiano pela disponibilidade e conversas inspiradoras.

Agradeço também aos docentes do Programa do Mestrado em Ergonomia, em especial o Professor Dr. José Guilherme da Silva Santa Rosa, a Professora Dra. Rosiane Pereira Alves e o Professor Dr. Alison Klein por aceitarem o convite e a participação nessa etapa da minha vida.

Agradeço aos meus colegas do curso pela parceria, pelo compartilhamento de risos e angústias, pela amizade construída.

Por fim, e não menos importante, agradeço e dedico este trabalho aos meus amados filhos Bruna e Tiago. São meus combustíveis, meus estímulos. Com eles aprendo e tento me tornar melhor todo dia.

“Tudo pode ser tirado de um homem, exceto uma coisa: a última das liberdades humanas – escolher a sua atitude em quaisquer circunstâncias, escolher o seu próprio caminho.” (Frankl, 2016, p. 85)

RESUMO

Esta dissertação apresenta um estudo comparativo sobre a eficiência do avaliador na aplicação das ferramentas RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*), REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) e Kinebot (ferramenta baseada em Inteligência Artificial) na análise postural de serventes da construção civil. A pesquisa foi conduzida em um canteiro de obras localizado em Recife (PE) com aplicação das ferramentas em tarefas específicas desempenhadas por trabalhadores da construção.

Um único ergonomista realizou todas as análises, o que permitiu a comparação direta do tempo de aplicação, nível de detalhamento e facilidade de uso de cada ferramenta. Além das pontuações obtidas por segmento corporal, foram considerados gráficos cinemáticos de ângulo versus tempo e o registro de queixas de dor relatadas pelos trabalhadores.

Os resultados indicaram que o Kinebot apresentou maior agilidade na coleta e interpretação de dados, enquanto RULA e REBA demandaram maior tempo e julgamento técnico do avaliador. As principais regiões corporais associadas às queixas de dor foram a coluna lombar, braços e ombros. O estudo reforça o potencial das ferramentas digitais como apoio à prática ergonômica, sem desconsiderar a importância da experiência profissional do avaliador humano.

Palavras-chave: Ergonomia; RULA; REBA; Construção Civil; Tecnologia e Ergonomia.

ABSTRACT

This dissertation presents a comparative study on the evaluator's efficiency in applying the RULA (Rapid Upper Limb Assessment), REBA (Rapid Entire Body Assessment), and Kinebot (an Artificial Intelligence-based tool) tools to assess the posture of construction workers. The research was conducted at a construction site in Recife, Pernambuco, Brazil, with the tools applied to specific tasks performed by construction workers.

A single ergonomist performed all analyses, allowing for direct comparison of application time, level of detail, and ease of use of each tool. In addition to the scores obtained by body segment, kinematic graphs of angle versus time and the recording of pain complaints reported by workers were considered.

The results indicated that Kinebot provided greater agility in data collection and interpretation, while RULA and REBA required more time and technical judgment from the evaluator. The main body regions associated with pain complaints were the lumbar spine, arms and shoulders. The study reinforces the potential of digital tools to support ergonomic practices, without disregarding the importance of the human evaluator's professional experience.

Keywords: Ergonomics; RULA; REBA; Civil Construction; Technology and Ergonomics.

LISTA DE SIGLAS

- ABNT** (Associação Brasileira de Normas Técnicas)
- ACGIH - TVL** (*American Conference of Governmental Industrial Hygienist - Threshold Limit Value*)
- ADiBAS** (*Automatic Digital Biometry Analysis System*)
- CBIC** (Câmara Brasileira da Indústria da Construção)
- CBO** (Classificação Brasileira de Ocupações)
- CEP** (Comitê de Ética em Pesquisa)
- CTPS** (Carteira de Trabalho e Previdência Social)
- DORT** (Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho)
- DSR** (*Design Science Research*)
- GPS** (*Global Position System*)
- HAL** (*Hand Activity Level*)
- IA** (Inteligência Artificial)
- IBGE** (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística)
- IEA** (*International Ergonomics Association*)
- INSS** (Instituto Nacional do Seguro Social)
- ISO** (*International Organization for Standardization*)
- NBR** (Norma Brasileira)
- NIOSH** (*National Institute for Occupational Safety and Health*)
- OCRA** (*Occupational Repetitive Actions*)
- OWAS** (*Ovako Working Posture Analyzing Systems*)
- PBQP-H** (Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat)
- PIB** (Produto Interno Bruto)
- QEC** (*Quick Exposure Check*)
- REBA** (*Rapid Entire Body Assessment*)
- RULA** (*Rapid Upper Limb Assessment*)
- SAPO** (*Software para Avaliação Postural*)
- SI** (*Strain Index*)

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 -	Relação Postura versus Possível local de sintomas de sobrecarga	38
Quadro 2 -	Características dos métodos RULA e REBA	42
Quadro 3 -	RULA: Pontuação do Grupo A	45
Quadro 4 -	RULA: Pontuação do Grupo B	47
Quadro 5 -	RULA: Pontuação referente ao uso muscular	47
Quadro 6 -	RULA: Pontuação referente à força ou carga	48
Quadro 7 -	Combinação C <i>versus</i> D para pontuação final do RULA	48
Quadro 8 -	Níveis de Ação do RULA	49
Quadro 9 -	REBA: Pontuação referente ao tronco	50
Quadro 10 -	REBA: Pontuação referente ao pescoço	51
Quadro 11 -	REBA: Pontuação referente às pernas	52
Quadro 12 -	REBA: Pontuação do Grupo A	53
Quadro 13 -	REBA: Pontuação referente à força ou carga	53
Quadro 14 -	REBA: Pontuação referente aos braços	54
Quadro 15 -	REBA: Pontuação referente aos antebraços	54
Quadro 16 -	REBA: Pontuação referente aos punhos	55
Quadro 17 -	REBA: Pontuação do Grupo B	56
Quadro 18 -	REBA: Pontuação referente à pega	56
Quadro 19 -	REBA: Pontuação C: combinação A <i>versus</i> B	57
Quadro 20 -	REBA: Pontuação referente à atividade	57
Quadro 21 -	Níveis de Ação do REBA	57

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -	Transporte de material: Pontuações do pescoço	76
Tabela 2 -	Transporte de material: Pontuações do tronco	78
Tabela 3 -	Transporte de material: Pontuações do antebraço direito	79
Tabela 4 -	Transporte de material: Pontuações do antebraço esquerdo	81
Tabela 5 -	Transporte de material: Pontuações do braço direito	82
Tabela 6 -	Transporte de material: Pontuações do braço esquerdo	84
Tabela 7 -	Operação com martelete: Pontuações do pescoço	86
Tabela 8 -	Operação com martelete: Pontuações do tronco	88
Tabela 9 -	Operação com martelete: Pontuações do antebraço direito	89
Tabela 10 -	Operação com martelete: Pontuações do antebraço esquerdo .	90
Tabela 11 -	Operação com martelete: Pontuações do braço direito	92
Tabela 12 -	Operação com martelete: Pontuações do braço esquerdo	93
Tabela 13 -	Escavação manual: Pontuações do pescoço	96
Tabela 14 -	Escavação manual: Pontuações do tronco	97
Tabela 15 -	Escavação manual: Pontuações do antebraço direito	99
Tabela 16 -	Escavação manual: Pontuações do antebraço esquerdo	100
Tabela 17 -	Escavação manual: Pontuações do braço direito	102
Tabela 18 -	Escavação manual: Pontuações do braço esquerdo	104
Tabela 19 -	Paleamento de areia: Pontuações do pescoço	106
Tabela 20 -	Paleamento de areia: Pontuações do tronco	108
Tabela 21 -	Paleamento de areia: Pontuações do antebraço direito	109
Tabela 22 -	Paleamento de areaia: Pontuações do antebraço esquerdo	111
Tabela 23 -	Paleamento de areia: Pontuações do braço direito	112
Tabela 24 -	Paleamento de areia: Pontuações do braço esquerdo	114
Tabela 25 -	Operação com betoneira: Pontuações do pescoço	116
Tabela 26 -	Operação com betoneira: Pontuações do tronco	118
Tabela 27 -	Operação com betoneira: Pontuações do antebraço direito	119
Tabela 28 -	Operação com betoneira: Pontuações do antebraço esquerdo .	121
Tabela 29 -	Operação com betoneira: Pontuações do braço direito	122
Tabela 30 -	Operação com betoneira: Pontuações do braço esquerdo	124
Tabela 31 -	Limpeza de teto: Pontuações do pescoço	127

Tabela 32 -	Limpeza de teto: Pontuações do tronco	128
Tabela 33 -	Limpeza de teto: Pontuações do antebraço direito	129
Tabela 34 -	Limpeza de teto: Pontuações do antebraço esquerdo	131
Tabela 35 -	Limpeza de teto: Pontuações do braço direito	132
Tabela 36 -	Limpeza de teto: Pontuações do braço esquerdo	134

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 -	RULA: Pontuação do braço <i>versus</i> ângulo do braço	43
Figura 2 -	RULA: Pontuação do antebraço <i>versus</i> ângulo do antebraço ..	44
Figura 3 -	RULA: Pontuação do punho <i>versus</i> ângulo do punho	44
Figura 4 -	RULA: Pontuação do pescoço <i>versus</i> ângulo do pescoço	46
Figura 5 -	RULA: Pontuação do tronco <i>versus</i> ângulo do tronco	46
Figura 6 -	REBA: Pontuação do tronco <i>versus</i> ângulo do tronco	51
Figura 7 -	REBA: Pontuação das pescoço <i>versus</i> ângulo do pescoço	51
Figura 8 -	REBA: Pontuação das pernas <i>versus</i> apoio e ângulo das pernas	52
Figura 9 -	REBA: Pontuação dos braços <i>versus</i> ângulo dos braços	54
Figura 10 -	REBA: Pontuação dos antebraços <i>versus</i> ângulo dos antebraços	55
Figura 11 -	REBA: Pontuação dos punhos <i>versus</i> ângulo dos punhos	55
Figura 12 -	Visão de alto nível dos principais componentes do mundo da IA	60
Figura 13 -	Registro dos movimentos do trabalhador	64
Figura 14 -	Análise de vídeo pelo Kinebot	64
Figura 15 -	Kinebot: Etapa de seleção do método a ser utilizado	65
Figura 16 -	Kinebot: Etapa de preenchimento de formulário, para RULA ...	65
Figura 17 -	Kinebot: Etapa de preenchimento de informações sobre a atividade	66
Figura 18 -	Kinebot: <i>Dashboard</i> “Ângulo <i>versus</i> Tempo” indicando ângulo da articulação no tempo de 10 segundos	66
Figura 19 -	Kinebot: Adoção de medidas, conforme risco	67
Figura 20 -	Vista da obra Parque Gourmet	69
Figura 21 -	Área de vivência	71
Figura 22 -	Tarefas incômodas	74
Figura 23 -	Servente transportando material com carrinho de mão	75
Figura 24 -	Imagem gerada pelo Kinebot no transporte de material	76

Figura 25 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot	77
Figura 26 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot	77
Figura 27 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot	78
Figura 28 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot	79
Figura 29 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot	80
Figura 30 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot	80
Figura 31 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot	81
Figura 32 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot	81
Figura 33 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot	83
Figura 34 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot	83
Figura 35 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot	84
Figura 36 -	Transporte de material: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot	84
Figura 37 -	Servente arrasando estaca com martelete	85
Figura 38 -	Imagen gerada pelo Kinebot no arrasamento de estaca	86
Figura 39 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot	87
Figura 40 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot	87
Figura 41 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot	88

Figura 42 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot	88
Figura 43 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot	89
Figura 44 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot	90
Figura 45 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot	91
Figura 46 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot	91
Figura 47 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot	92
Figura 48 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot	92
Figura 49 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot	94
Figura 50 -	Operação com martelete: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot	94
Figura 51 -	Servente escavando vala	95
Figura 52 -	Imagen gerada pelo Kinebot em escavação de vala	95
Figura 53 -	Escavação: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot	96
Figura 54 -	Escavação: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot	96
Figura 55 -	Escavação: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot	98
Figura 56 -	Escavação: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot	98
Figura 57 -	Escavação: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot	99
Figura 58 -	Escavação: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot	100

Figura 59 -	Escavação: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot	101
Figura 60 -	Escavação: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot	101
Figura 61 -	Escavação: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot	102
Figura 62 -	Escavação: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot	103
Figura 63 -	Escavação: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot	104
Figura 64 -	Escavação: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot	104
Figura 65 -	Servente paleando areia	105
Figura 66 -	Imagen gerada pelo Kinebot em paleamento de areia	106
Figura 67 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot	107
Figura 68 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot	107
Figura 69 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot	108
Figura 70 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot	109
Figura 71 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot	110
Figura 72 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot	110
Figura 73 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot	111
Figura 74 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot	112
Figura 75 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot	113

Figura 76 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot	113
Figura 77 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot	114
Figura 78 -	Paleamento de areia: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot	114
Figura 79 -	Servente apanhando saco de cimento	115
Figura 80 -	Imagen gerada pelo Kinebot durante operação de betoneira ..	116
Figura 81 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot	117
Figura 82 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot	117
Figura 83 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot	118
Figura 84 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot	118
Figura 85 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática antebraço direito por RULA, no Kinebot	120
Figura 86 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot	120
Figura 87 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot	121
Figura 88 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot	121
Figura 89 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática braço direito por RULA, no Kinebot	123
Figura 90 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática braço direito por REBA, no Kinebot	123
Figura 91 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática esquerdo por RULA, no Kinebot	124
Figura 92 -	Operação com betoneira: Avaliação cinemática esquerdo por REBA, no Kinebot	125
Figura 93 -	Servente limpando teto	126

Figura 94 -	Imagen gerada pelo Kinebot durante limpeza de teto	126
Figura 95 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot	127
Figura 96 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot	128
Figura 97 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot	129
Figura 98 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot	129
Figura 99 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot	130
Figura 100 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot	130
Figura 101 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot	131
Figura 102 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot	132
Figura 103 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot	133
Figura 104 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot	133
Figura 105 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot	134
Figura 106 -	Limpeza de teto: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot	134

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	21
1.1	CONTEXTUALIZAÇÃO	22
1.2	PROBLEMA DE PESQUISA	23
1.3	HIPÓTESE	25
1.4	OBJETIVOS.....	26
1.4.1	Objetivo Geral	26
1.4.2	Objetivos Específicos	26
1.5	JUSTIFICATIVA	26
2	REFERENCIAL TEÓRICO	29
2.1	CONCEITO DE ERGONOMIA	29
2.2	DISTÚRBIOS OSTEOMUSCULARES RELACIONADOS AO TRABALHO (DORT)	31
2.3	ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO.....	33
2.4	BIOMECÂNICA OCUPACIONAL	35
2.4.1	Posturas de trabalho	36
2.5	FERRAMENTAS ERGONÔMICAS	39
2.5.1	<i>Rapid Upper Limb Assessment – RULA</i>	43
2.5.2	<i>Rapid Entire Body Assessment – REBA</i>	49
2.6	INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL	59
2.6.1	Kinebot	62
3	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	68
3.1	DESENHO DA PESQUISA	68
3.2	LOCAL DA PESQUISA	68
3.3	AMOSTRA DE PARTICIPANTES	70
3.4	CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO	70
3.5	RECRUTAMENTO DOS PARTICIPANTES	70
3.6	INTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS	71
3.7	PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS	71

4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	73
4.1	PERFIL DO SERVENTE.....	73
4.2	DADOS OBTIDOS COM AS FERRAMENTAS RULA, REBA E KINEBOT	75
4.2.1	Tarefa 1: Transportar material com carrinho de mão	75
4.2.2	Tarefa 2: Operar Martelete	85
4.2.3	Tarefa 3: Escavar manualmente	94
4.2.4	Tarefa 4: Palear areia	105
4.2.5	Tarefa 5: Operar Betoneira	115
4.2.6	Tarefa 6: Limpar teto	125
5	CONCLUSÃO	137
	REFERÊNCIAS	139
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DA EMPRESA	148
	APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DO TRABALHADOR	149
	APÊNDICE C – CARTA DE ANUÊNCIA DA EMPRESA	151
	APÊNDICE D – CERTIFICADO ISO 9001:2015	152
	APÊNDICE E – CERTIFICADO PBQP-H	153
	APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DA EMPRESA	154
	APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO TRABALHADOR	157
	APÊNDICE H – FORMULÁRIO RULA	161
	APÊNDICE I – FORMULÁRIO REBA	162
	APÊNDICE J – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA	163

1 INTRODUÇÃO

A construção civil exerce um papel fundamental na economia nacional, sendo responsável por uma significativa contribuição ao desenvolvimento do país. Obras de infraestrutura, como as residenciais e de saneamento, são indispensáveis para o crescimento e a melhoria das condições de vida em diversas regiões. Nos últimos anos, programas habitacionais promovidos pelo Governo Federal impulsionaram ainda mais o setor, proporcionando à população um acesso ampliado a condições de moradia adequadas e dignas.

O setor da construção civil também se destaca pela geração expressiva de empregos, absorvendo grande contingente de trabalhadores em atividades que, por sua natureza, exigem esforços físicos intensos. Entretanto, tais atividades frequentemente resultam no desenvolvimento de doenças osteomusculares relacionadas ao trabalho, ocasionando desconforto para os trabalhadores e, em muitos casos, até mesmo afastamento de suas funções (Cuesta, Molina e Remessal, 2015).

Para garantir a preservação da saúde do trabalhador, torna-se essencial realizar análises detalhadas das condições de trabalho. A Ergonomia, como disciplina científica que investiga a interação entre o trabalhador e o ambiente laboral, fornece métodos e ferramentas valiosas para essa finalidade. Ferramentas observacionais, como o RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) e o REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), têm sido amplamente aplicados na análise ergonômica. Contudo, o contexto atual demanda soluções mais ágeis e adaptadas às rápidas transformações tecnológicas.

Nesse cenário, a Inteligência Artificial (IA) surge como uma aliada estratégica para o campo ergonômico. Embora o setor da construção civil ainda apresente um ritmo de adoção de tecnologias mais lento em comparação a outras indústrias, já se observam estudos que utilizam ferramentas de IA para aprimorar análises ergonômicas. Podemos citar o Kinebot, *software* que utiliza redes neurais, simples, acessível e prático, que trabalha especialmente com avaliação de cada movimento humano.

1.1 CONTEXTUALIZAÇÃO

Segundo Gonçalves e Santa Rosa (2024), a construção civil impacta significativamente a sociedade, pois além de gerar emprego e renda apresenta elevado número de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho e é grande consumidor de recursos naturais.

O Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE relaciona as atividades da construção civil como as atividades de preparação do terreno, as obras de edificações e de engenharia civil, as instalações de materiais e equipamentos necessários ao funcionamento dos imóveis e as obras de acabamento, contemplando tanto as construções novas como as grandes reformas, as restaurações de imóveis e a manutenção corrente (IBGE, 2025).

De acordo com a Câmara Brasileira da Indústria da Construção - CBIC (2022), depois de registrar, em 2021, o melhor desempenho desde 2010, com crescimento de 9,7%, a Construção Civil encerrou o 1º semestre/2022 com alta de 9,5% em suas atividades. O Produto Interno Bruto (PIB) do setor cresceu 2,7% no 2º trimestre de 2022, em relação aos primeiros três meses do ano (na série com ajuste sazonal). Desde o 3º trimestre de 2020 o setor vem apresentando números positivos como resultado do ciclo de negócios em andamento, originado com o incremento das atividades do segmento imobiliário no segundo semestre de 2020.

Segundo a Classificação Brasileira de Ocupações – CBO, o servente está sob o código 7170-20 – Servente de Obras e se equipara a outros títulos como Ajudante de obras, Ajudante de Saneamento, Auxiliar de Pedreiro, Meia-colher, Servente (construção civil) e Servente de Pedreiro. Atua na indústria de construção como assalariados com carteira assinada. Permanecem em posições desconfortáveis durante longos períodos, trabalham sob pressão, o que pode levá-los à situação de estresse, e ficam expostos a poeira e a radiação solar. Também constam nas suas atividades a demolição de edificações, o preparo de canteiro de obras, a realização de manutenção de primeiro nível, realizar escavações e preparar massas (BRASIL, 2002).

O servente (também chamado ajudante) tem a função de auxiliar outros profissionais da obra, executando a movimentação de materiais necessários para que outros profissionais realizem suas tarefas. Durante a realização de suas atividades há presença de movimentação manual de cargas, repetitividade, posturas inadequadas,

aplicação de força excessiva, pressão de tempo, jornadas de trabalho prolongadas e tarefas fragmentadas.

Tratando de acidentes do trabalho, segundo o Instituto Nacional do Seguro Social (INSS, 2022), considerando apenas registros envolvendo pessoas com carteira assinada, os acidentes e as mortes, no Brasil, cresceram nos últimos dois anos. Em 2020, foram 446.881 acidentes de trabalho notificados; em 2021, o número subiu 37%, alcançando 612.920 notificações. Em 2020, 1.866 pessoas morreram nessas ocorrências. No Setor Econômico “Construção de Edifícios”, em 2022, houve 9.239 notificações de acidentes do trabalho, sendo a ocupação de servente a quinta maior em casos de notificações accidentárias e afastamentos registrados.

No Brasil, em 2022, dentre os acidentes de trabalho notificados, 51.337 referem-se a casos de doenças do sistema osteomuscular e de tecidos conjuntivos, apresentando um aumento de 27,2% de casos dessa natureza (INSS, 2022).

Cuesta, Molina e Remessal (2015) mencionam que lesões musculoesqueléticas relacionadas com o trabalho são muito frequentes no setor da construção, devido ao ritmo de trabalho, à aplicação de força e posturas forçadas.

Santos e Barros (2011) afirmam que o serviço pesado realizado pelo servente foi aliviado com o desenvolvimento tecnológico, mas percebe-se que este não foi acompanhado quando observamos determinadas posturas organizacionais como, por exemplo, na fase de mobilização do canteiro de obra onde são encontradas condições precárias das condições de trabalho, e acrescenta:

Ao lado das exigências, dificuldades e precariedades objetivas presentes no exercício de sua atividade, ao servente é também delegada a tarefa de lidar com a desvalorização de sua atividade e com um conjunto de discriminações a ele dirigidas, diretamente ligadas ao seu pertencimento à categoria profissional (Santos; Barros, 2011, p. 246).

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

Em busca de aprimorar as abordagens de Análise Ergonômica do Trabalho, pesquisadores têm desenvolvido mais instrumentos para avaliação da condição ergonômica, porém, estes novos métodos por vezes são caros, invasivos e exigem em sua utilização formação e conhecimento técnico elevado, o que dificulta seu uso em condições reais de trabalho. Alternativamente foram criadas ferramentas para analisar o registro das observações (RULA, REBA, OCRA, OWAS e a equação de NIOSH) todos de fácil uso, baixo custo e de vasta aplicação. Porém na prática real,

por dependerem dos analistas, cerca de 13% das avaliações apresentam erros graves, que invalidam totalmente o resultado. Além disso, os erros em cerca de 15% dos casos são de super ou subestimação dos riscos de o trabalho causar distúrbios osteomusculares (Diego-Mas; Poveda-Bautista; Alcaide-Marzal, 2017).

Em 2016 foi realizada uma pesquisa com profissionais de ergonomia dos Estados Unidos para examinar possíveis tendências relacionadas à tecnologia e expandir a pesquisa para países de língua inglesa que têm certificação de ergonomia credenciada. Investigadores se reuniram com nove ergonomistas certificados nos Estados Unidos para discutirem a modificação de um questionário anteriormente aplicado por Dempsey, em 2005. Foram sugeridas a inclusão de diversas ferramentas e métodos adicionais. Dentre elas a inclusão da consulta sobre o uso de “aplicativos” e formatos de dispositivos móveis. Na continuidade da pesquisa realizada por Dempsey, concluiu-se que os profissionais de ergonomia, em geral, não aumentaram o uso de instrumentos tradicionais de medição direta para fatores de risco musculoesqueléticos. O uso de métodos de avaliação sistemáticos baseados em observação considerados aumentaram por profissionais de ergonomia certificados, sendo eles: RULA, REBA, dados psicofísicos da extremidade superior, índice de tensão e ACGIH-TLV para nível de atividade manual; e, embora tenha havido grandes avanços na tecnologia de computação móvel os ergonomistas ainda recorrem com mais frequência a lápis e papel para avaliações quantitativas; porém o uso de “aplicativos” para avaliar os riscos de movimentação/levantamento manual de materiais está, relativamente, mais avançado (Lowe; Dempsey; Jones, 2019).

Atualmente, a Inteligência Artificial (IA) é utilizada na busca pelo aprimoramento de análises ergonômicas do trabalho. Seu raio metodológico e prático é amplo, sendo projetada para inúmeras tarefas do nosso dia a dia.

Algumas áreas questionam o uso da Inteligência Artificial. Na área médica, por exemplo, Lee (2019) aponta que à medida que um algoritmo obtém mais informações sobre cada caso específico, reduz progressivamente o escopo de possíveis doenças e solicita mais esclarecimentos sobre as informações necessárias para completar o diagnóstico. Quando informações suficientes são inseridas para dar ao algoritmo um alto nível de certeza, ele faz uma previsão para a causa dos sintomas, junto com os outros diagnósticos possíveis e a chance percentual de que sejam os verdadeiros culpados. E acrescenta que o aplicativo nunca substitui um médico, mas percorre mais de 400 milhões de registros médicos existentes e examina continuamente as

publicações médicas mais recentes para fazer recomendações. Entretanto, é incapaz de garantir consolo e o cuidados com pacientes que apresentam resultados não otimistas, sendo estas tarefas ficando a cargo de humanos (médicos e enfermeiros).

Couto e Couto (2020) fornecem uma comparação do funcionamento do cérebro e do computador quanto a dez aspectos. Pode-se perceber eficácia semelhante entre um computador e o cérebro humano nos aspectos (a) operações complexas colocadas em rotina; (b) funções motoras automáticas em padrões determinados e repetitivos e (c) inteligência. Há superioridade do computador na rapidez para início da ação; no tempo de reação; na simultaneidade; no banco de dados e memória simples *expert-system*. Destaca também a superioridade do cérebro humano na visão crítica quanto ao andamento inadequado de alguma rotina; nos movimentos refinados; e, na consciência.

De acordo com Smith (2019), a inteligência humana é flexível, empática e criativa, porém sujeita à lentidão e a erros. Em contraste, a inteligência artificial apresenta consistência, rapidez e eficiência, destacando-se em tarefas de cálculo e processamento de dados. Embora tal distinção envolva certa simplificação, reconhece-se que o julgamento humano é superior em contextos que requerem sensibilidade e interpretação contextual.

A Análise Ergonômica do Trabalho constitui-se de várias etapas, e em uma delas podem ser aplicados os métodos observacionais RULA e REBA. Entretanto, com o avanço da tecnologia surgiram *softwares* como alternativa para facilitar a análise de posturas, otimizando o tempo em resolução de problemas contendo constrangimentos ergonômicos.

Nesse contexto, a presente pesquisa busca responder à seguinte pergunta-problema: “Em que medida a utilização das ferramentas RULA, REBA e Kinebot influencia a eficiência do avaliador na análise postural de serventes da construção civil?”

1.3 HIPÓTESE

O uso de ferramentas digitais baseada em Inteligência Artificial, como o Kinebot, tende a aumentar a eficiência do avaliador único, reduzindo o tempo de análise e proporcionando resultados mais objetivos em comparação com as ferramentas observacionais tradicionais RULA e REBA.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo geral

Avaliar a eficiência de um único avaliador na aplicação dos métodos RULA, REBA e Kinebot na análise postural de serventes da construção civil.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Identificar as principais tarefas geradoras de desconforto físico entre serventes da construção civil;
- b) Avaliar as posturas adotadas nas tarefas por meio dos métodos RULA, REBA e Kinebot;
- c) Comparar o tempo e a facilidade de aplicação de cada ferramenta;
- d) Analisar os gráficos cinemáticos gerados pelo Kinebot e relacioná-los às posturas observadas;
- e) Levantar e discutir as queixas de dor relatadas pelos trabalhadores, relacionando-as às regiões corporais de maior sobrecarga;
- f) Discutir as vantagens e limitações de cada ferramenta sob a perspectiva do avaliador único.

1.5 JUSTIFICATIVA

O presente trabalho busca contribuir para o setor da construção civil ao explorar e disseminar conhecimentos sobre as novas tendências ergonômicas, promovendo uma abordagem que alia produtividade à preservação da saúde dos trabalhadores.

Este estudo mostra-se relevante do ponto de vista teórico, pois contribui para o aprofundamento do conhecimento sobre alternativas para avaliação ergonômica, especialmente no que se refere à comparação entre ferramentas tradicionais observacionais como RULA e REBA, e tecnologias baseadas em Inteligência Artificial, como o Kinebot.

Em termos práticos, há promoção de alternativas inovadoras e aplicáveis à realidade dos canteiros de obras, oferecendo um modelo que alia agilidade, precisão e objetividade na análise postural. A utilização de tecnologia por meio da captura de movimento e processamento automatizado dos dados apresenta potencial para otimizar o tempo das avaliações ergonômicas, reduzir a subjetividade inherente aos métodos observacionais e fornecer resultados mais detalhados. Isso favorece intervenções mais eficazes na prevenção de distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT).

O estudo ainda oferece subsídios relevantes para os profissionais envolvidos na promoção da saúde ocupacional. A demonstração da viabilidade de uso de uma ferramenta tecnológica no contexto da construção civil tende a modernizar as práticas ergonômicas, ampliando o repertório de soluções disponíveis e incentivando a adoção de recursos inovadores nas rotinas de avaliação e intervenção em saúde e segurança no trabalho.

Dessa forma, esta dissertação visa não apenas ampliar o corpo teórico da Ergonomia, mas também proporcionar o conhecimento de instrumento prático para tomada de decisão, contribuindo efetivamente para a melhoria das condições de trabalho e da qualidade de vida dos trabalhadores da construção civil.

Após a introdução, a dissertação está estruturada nas seções: Referencial teórico, Metodologia da pesquisa, Resultados e discussão e Conclusão.

A Seção 2 (REFERENCIAL TEÓRICO) aborda a Ergonomia como ciência voltada para a adaptação das condições de trabalho às características humanas, destacando sua evolução desde os estudos de Taylor e Gilbreth até as definições atuais da *International Ergonomics Association* (IEA). O foco principal está na ergonomia física, com ênfase na análise de posturas, segurança e saúde ocupacional. São discutidos os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT), comuns na construção civil, resultantes de posturas inadequadas, esforços repetitivos e manipulação de cargas pesadas. A Análise Ergonômica do Trabalho (AET) é apresentada como uma ferramenta metodológica para investigar a interação entre trabalhadores, equipamentos e ambiente laboral, conforme orientações da Norma Regulamentadora 17. A pesquisa também explora a biomecânica ocupacional, que aplica princípios de mecânica para avaliar os movimentos humanos e sua relação com as exigências laborais. Nesse contexto, são detalhados os métodos observacionais de análise postural, como o RULA (*Rapid Upper Limb Assessment*) e o REBA (*Rapid Entire Body Assessment*), descritos como ferramentas úteis, porém limitadas por sua natureza subjetiva e dependência de observadores treinados. Em contrapartida, destaca-se a Inteligência Artificial (IA) como uma tecnologia promissora para melhorar a precisão e eficiência das avaliações ergonômicas. O software Kinebot, que aplica IA para análise postural em tempo real por meio de visão computacional, é descrito como uma alternativa moderna e eficaz, capaz de fornecer relatórios detalhados e precisos.

A Seção 3 (METODOLOGIA DA PESQUISA) descreve a metodologia, na qual envolve uma pesquisa aplicada, quantitativa e descritiva, realizada em um canteiro de obras em Recife-PE. A amostra inclui 54 serventes e um representante legal da empresa, excluindo afastados e em período de experiência. Instrumentos como questionários, diagramas das ferramentas RULA e ferramenta REBA e o *software* Kinebot foram usados. A coleta de dados é feita por observação direta e gravação de vídeos, de serventes realizando tarefas incômodas, com análise manual pelas ferramentas tradicionais (RULA e REBA) e digital pelo Kinebot. A pesquisa ocorre após aprovação ética e consentimento dos participantes.

A Seção 4 (RESULTADOS E DISCUSSÃO) apresenta os resultados obtidos em campo e discute a aplicabilidade das ferramentas RULA, REBA e Kinebot.

A Seção 5 (CONCLUSÃO) traz as conclusões da pesquisa após a análise dos resultados. Também apresenta de que forma a pesquisa pode contribuir para a sociedade e sugere novos estudos.

Embora as ferramentas observacionais tradicionais sejam amplamente utilizadas, o avanço tecnológico tem introduzido soluções digitais que prometem maior rapidez e precisão. Contudo, independentemente da ferramenta adotada, a eficiência do processo analítico depende da atuação do avaliador.

Assim, esta pesquisa busca comparar o desempenho de três ferramentas distintas sob a ótica da eficiência do avaliador único, analisando tempo de execução, clareza dos resultados e correspondência entre as análises posturais e as queixas relatadas pelos trabalhadores.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 CONCEITO DE ERGONOMIA

Com a produção se dando de forma artesanal e em baixa escala, ainda não era necessário o atendimento a requisitos ergonômicos. Porém, o surgimento de máquinas exigiu o entendimento da interação homem – máquina e muitos pesquisadores iniciaram estudos para entender essa relação. Dentre eles, Frederick Winslow Taylor, Frank e Lillian Gilbreth, considerados os precursores da Ergonomia (Moraes; Soares, 1989).

Segundo Dejours (2015), de 1914 a 1968, a busca por melhores condições de trabalho era tema de reivindicação da classe operária.

Miséria operária, luta pela sobrevivência, redução da jornada de trabalho, corrente das ciências morais e políticas, corrente higienista e corrente alienista deram lugar, respectivamente, ao corpo doente, à luta pela saúde, à melhoria das condições de trabalho, e à corrente contemporânea da medicina do trabalho, da fisiologia do trabalho e da ergonomia (Dejours, 2015, p. 25).

Couto e Couto (2020) mencionam que até 1960 fábricas e postos de trabalho eram concebidos sem considerar as características do trabalhador, e que essa realidade vem mudando apesar de existir, ainda hoje, fábricas que ainda produzem equipamentos inadequados.

Em 1950, a adoção oficial do termo surgiu na criação da primeira sociedade de Ergonomia: a “*Ergonomic Research Society*”, na Inglaterra. Reuniam-se fisiólogos, psicólogos e engenheiros interessados em adaptar o trabalho ao homem.

Browne *et al.* (1950, p. 1009) reuniram-se e a *Ergonomic Research Society* definiu:

Ergonomia é o estudo do relacionamento entre o homem e seu trabalho, equipamento, ambiente e, particularmente, a aplicação dos conhecimentos de anatomia, fisiologia e psicologia na solução dos problemas que surgem desse relacionamento.

Dejours (2015) afirma que após 1968 inicia-se uma luta pela saúde mental. Com o esgotamento do Taylorismo e a consequente reestruturação das tarefas nasceram discussões sobre a relação homem-tarefa, acentuando a dimensão mental do trabalho.

Segundo Couto e Couto (2020), a partir da década de 70 houve um aumento significativo de produtividade das empresas devido ao surgimento de novas tecnologias (robótica, automação e sistemas de controle informatizados), mudança nas relações de trabalho (ex.: terceirização, trabalho por projetos e cooperativas), organização do trabalho (ex.: células autogerenciáveis e grupos semiautônomos) e novas formas de gerenciamento (ex.: *Just in Time* e Qualidade Total).

Nesse contexto Montmollin (1971, p. 4) definiu Ergonomia como “a tecnologia das comunicações nos sistemas homens-máquinas”.

Wisner (1987, p. 12) definiu a ergonomia como “o conjunto de conhecimentos científicos relativos ao homem e necessários para a concepção de ferramentas, máquinas e dispositivos que possam ser utilizados com o máximo de conforto, segurança e eficácia”. Essa definição utiliza a terminologia “adaptação do trabalho ao homem”, fórmula clássica em Ergonomia.

No Brasil, ao perceberem o vasto campo de atuação da Ergonomia, Moraes e Soares (1989, p. 20) propuseram a definição da Ergonomia “como tecnologia projetual das comunicações entre homens e máquinas, trabalho e ambiente”.

Atualmente, a definição adotada sobre Ergonomia é a da *International Ergonomics Association* (IEA) (2000), sendo a considerada nessa pesquisa. A saber:

Ergonomia (ou fatores humanos) é uma disciplina científica que estuda as interações dos homens com outros elementos do sistema, fazendo aplicações de teoria, princípios e métodos de projeto, com o objetivo de melhorar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema.

A *International Ergonomics Association* (IEA) dividiu a Ergonomia em três domínios de especialização: Física, Cognitiva e Organizacional (lida; Guimarães, 2016). Entretanto, essa pesquisa abordou a Ergonomia Física, sendo voltada para o dimensionamento do posto de trabalho considerando aspectos relacionados com distúrbios osteomusculares relacionado ao trabalho (DORT).

Segundo Guimarães (2011, p. 114), “A Ergonomia Física lida com as respostas do corpo humano à carga física e psicológica”.

Na Ergonomia Física, Amaral (2023) menciona que conhecimentos sobre anatomia humana, fisiologia, biomecânica ocupacional e antropometria embasam o entendimento de como o ser humano reage quando exposto a condições adversas.

A atuação da Ergonomia é evidenciada na mudança (para melhor) do ambiente organizacional. Conforme Mafra (2006), as melhorias da Ergonomia trazem, efetivamente, benefícios para os processos produtivos. Isso ocorre em termos de melhorias em diversos aspectos do processo, tais como: produtividade, qualidade da produção, redução de erros, moral dos trabalhadores, entre outros, e que, em todos os casos, podem ser traduzidos em resultados financeiros.

Os profissionais responsáveis pela aplicação da Ergonomia são denominados ergonomistas. Os ergonomistas fazem análises e avaliações de tarefas, trabalhos, produtos, organizações e ambientes, de forma a torná-los compatíveis com as necessidades, habilidades e limitações dos trabalhadores. Também elaboram propostas e projetos para solucionar os problemas constatados, e contribuem para a sua implementação (lida; Guimarães, 2016).

Em junho de 2024, no Brasil, o Ministério do Trabalho de Emprego e a Organização Internacional do Trabalho anunciaram a inclusão de 19 novas ocupações na Classificação Brasileira de Ocupações (BRASIL, 2024). Dentre elas, a ocupação de Ergonomista. A ocupação encontra-se sob o código 2149-50, onde constam na descrição das atividades a supervisão e controle de processos, sistemas, produtos, serviços e métodos produtivos; o desenvolvimento, a avaliação e análise de métodos, processos, produtos e serviços; planejamento de empreendimentos e atividades produtivas, de serviços, de logística e instalações; elaboração de projetos e estudos ergonômicos para diagnósticos, melhorias em processos, produtos, prevenção e promoção ocupacional.; coordenar equipes e atividades de trabalho e gerenciar operações logísticas, exposições a fatores ocupacionais de risco à saúde e segurança no trabalho e do meio ambiente, além de emissão de documentação técnica (BRASIL, 2002).

2.2 DISTÚRBIOS OSTEOMUSCULARES RELACIONADOS AO TRABALHO (DORT)

Segundo Couto, Nicoletti e Lech (2007), provavelmente, o maior prejuízo para as empresas decorrentes das lesões musculoesqueléticas é presença de um número expressivo de trabalhadores que não podem executar o trabalho completamente e não podem ser demitidos, e a consequente contratação de substitutos elevando o custo de produção e prejudicando a competitividade da empresa no mercado.

Depois dos acidentes do trabalho, os distúrbios musculoesqueléticos são a maior causa de afastamentos do trabalho no mundo, ocorrendo em todos os

segmentos econômicos, em particular nos que envolvem movimentação manual de cargas e atividades de alto gasto energético, como as encontradas na Indústria da Construção.

Couto, Niccolleti e Lech (2007, p. 40) definem:

Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT) como transtornos funcionais, transtornos mecânicos e lesões de músculos e/ou de tendões e/ou de fáscias e/ou de nervos e/ou de bolsas articulares e/ou de pontas ósseas nos membros superiores ocasionados pela utilização biomecanicamente incorreta dos membros superiores, que resultam em dor, fadiga, queda da performance no trabalho, incapacidade temporária e, conforme o caso, podem evoluir para uma síndrome dolorosa crônica, nesta fase agravada por todos os fatores psíquicos (inerentes ao trabalho ou não) capazes de reduzir o limiar de sensibilidade dolorosa do indivíduo.

Antonália (2008, p. 16) menciona que DORT

constituem alterações que comprometem músculos e/ou tendões e/ou fáscias (membranas que recobrem tendões, nervos, músculos) e/ou nervos ocasionados por utilização biomecânica incorreta do setor do corpo humano atingido em decorrência do trabalho. A resultante é: dor, fadiga, fraqueza e queda de performance no trabalho. Os locais do corpo mais atingidos são membros superiores, pescoço, ombros e dorso.

Segundo Couto, Nicoletti e Lech (2007), distúrbios em membros superiores ocorrem quando os músculos e outras estruturas sofrem transtorno funcional, sobrecarga aguda ou sobrecarga crônica. Os principais fatores associados à sobrecarga são:

- 1) Instituição de tarefas automatizadas sem ser precedida de desenvolvimento de coordenação muscular;
- 2) Ciclos muito curtos sem o devido tempo de recuperação de fadiga;
- 3) Força física com os membros superiores;
- 4) Esforços estáticos e postura estática;
- 5) Movimentos forçados e posturas forçadas;
- 6) Vibração ocasionada por ferramentas motorizadas;
- 7) Compressão mecânica das delicadas estruturas;
- 8) Tempo insuficiente de recuperação da integridade;

- 9) Fatores da organização do trabalho (de gestão) que ocasionam sobrecarga;
- 10) Fatores psicossociais que acarretam tensão;
- 11) Fatores de anulação dos mecanismos de regulação associado a sobrecarga biomecânica.

Stanton *et al.* (2016) afirmam que o desconforto ao executar uma atividade é o indício de que a atividade deverá ser alterada, e ignorar os fatores de risco que levam ao desconforto do trabalhador na execução de uma atividade podem, eventualmente, favorecer um aumento na gravidade dos sintomas e evoluir para uma lesão musculoesquelética real.

Em estudo realizado com 380 trabalhadores em Guangdong, na China, cujo objetivo era investigar a prevalência de DORTs e fatores associados entre trabalhadores da construção, Lee, Hong e Man (2023) mostraram que a prevalência de DORT durante os últimos 12 meses foi de 57%, destacando-se a região do pescoço com 24,7%. Outros fatores como idade, realização de atividade física, experiência de trabalho, postura e nível de fadiga após a atividade foram associados à prevalência de DORTs.

Stradioto (2024) realizou um estudo em 9 canteiros de obras, nas cidades de Porto Alegre e Canoas, no Rio Grande do Sul, cujo objetivo era a análise ergonômica das sobrecargas mecânicas em diferentes fases da construção civil, mostrou que 69% das lesões ou dores musculares apresentadas foram nos membros superiores e que 95% das atividades analisadas enquadram-se na categoria de risco médio a elevado. No estudo foi utilizado o método OCRA (Colombini; Occhipint; Fanti, 2014) e seus dados foram utilizados na elaboração da *International Organization for Standardization/Tecnical Report* (ISO/TR) 7015 (ISO, 2023).

2.3 ANÁLISE ERGONÔMICA DO TRABALHO

Segundo Guérin *et al.* (2001, p. 1), “transformar o trabalho é a finalidade primeira da ação ergonômica”. Essa transformação deve contribuir para concepção de postos de trabalho que não afetem a saúde dos trabalhadores e aliada aos objetivos da empresa.

Guerín *et al.* (2001) observam que uma análise do trabalho é uma análise do sistema (atividade - condições da atividade - resultado da atividade) e seu

funcionamento. Entretanto, na prática isso é impossível devido à multiplicidade de ciências do trabalho e abordagens diferentes de cada setor dentro de uma empresa.

Abrahão *et al.* (2011, p. 180) mencionam que

Enquanto metodologia, a Análise Ergonômica do Trabalho pressupõe a utilização de distintas técnicas, cuja importância para análise depende da problemática e da configuração da demanda. As observações globais e sistemáticas naturalmente adquirem um espaço privilegiado na intervenção. No entanto, outros instrumentos são frequentemente adotados ao longo do percurso metodológico, entre eles as entrevistas e os questionários.

Segundo Vidal (2011, p. 246),

formalmente, a Análise Ergonômica do Trabalho se constituiu em um conjunto estruturado e intercomplementar de análises situadas, de natureza global e sistemática, sobre os determinantes da atividade das pessoas numa organização. Essas análises são engendradas pelas demandas de que se originam as ações ergonômicas necessárias, que buscam, já na fase inicial, definir a natureza do problema a partir dessa demanda, e constituir-se-ão em referenciais úteis para a reformulação de um diagnóstico.

A Norma Regulamentadora 17 – Ergonomia (NR-17) (Brasil, 2022a) estabelece requisitos de adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, a fim de proporcionar conforto, segurança, saúde e desempenho eficiente. Constitui-se das seguintes etapas:

- a) análise da demanda;
- b) análise do funcionamento da organização, dos processos, das situações de trabalho e da atividade;
- c) descrição e justificativa para definição de métodos, técnicas e ferramentas adequados para a análise e sua aplicação, não estando adstrita à utilização de métodos, técnicas e ferramentas específicos;
- d) estabelecimento de diagnóstico;
- e) recomendações para as situações de trabalho analisadas; e
- f) restituição dos resultados, validação e revisão das intervenções efetuadas, quando necessária, com a participação dos trabalhadores.

O ponto de partida para uma análise do trabalho é a demanda existente. Um erro na análise da demanda pode conduzir a um resultado medíocre, nulo ou mesmo

negativo. A demanda pode ser originada pela própria empresa, pelos trabalhadores, através de sindicatos, por organizações sindicais, por parceiros sociais ou através de instituições públicas (Wisner, 1987; Guérin *et al.*, 2001; Camisassa, 2023).

Segundo Camisassa (2023), a análise do funcionamento da organização, dos processos, das situações de trabalho e da atividade devem considerar a gravidade e a urgência das adequações necessárias às situações que geram riscos no campo da Ergonomia, deve-se justificar tecnicamente o método escolhido e detalhar as recomendações para a situação de trabalho analisada.

A Análise Ergonômica do Trabalho (AET), conforme preconizada pela NR-17 e fundamentada nos princípios da Ergonomia, busca compreender as relações entre as exigências das tarefas laborais e as capacidades físicas, cognitivas e organizacionais dos trabalhadores. Nesse contexto, a análise biomecânica surge como uma ferramenta complementar essencial, contribuindo de forma objetiva para a identificação e quantificação das exigências físicas impostas pelas atividades de trabalho.

A integração entre a análise biomecânica e a AET é particularmente relevante na etapa de diagnóstico dos fatores de risco físicos. A biomecânica fornece dados mensuráveis, como compressão na coluna lombar, cargas articulares ou esforços excessivos nos membros superiores, que subsidiam as observações qualitativas da Ergonomia.

Sato *et al.* (2021) conduziram um estudo para investigar os efeitos de uma intervenção ergonômica em estações de trabalho sobre a intensidade da dor musculoesquelética em trabalhadores de escritório. Os resultados demonstraram que ajustes ergonômicos nas estações de trabalho reduziram significativamente a dor no pescoço, ombros, parte superior das costas e punhos/mãos dos participantes. A pesquisa destacou a relevância da análise ergonômica para a prevenção de distúrbios musculoesqueléticos e a promoção da saúde ocupacional.

2.4 BIOMECÂNICA OCUPACIONAL

A Biomecânica exercia pouca influência no terreno laboral devido à falta de metodologia na sua aplicação. A partir do seu desenvolvimento experimental e aparição de novo instrumental de investigação foi possível estudar o homem no trabalho, auxiliando em estudo sobre fadiga, rendimento e lesão do trabalhador (Martinez; Aguado, 1991).

Segundo Chaffin, Andersson e Martin (2001, p. 1) “Biomecânica é uma ciência multidisciplinar que requer a combinação dos conhecimentos das ciências físicas e da engenharia com as ciências biológicas e comportamentais”.

A Biomecânica utiliza princípios da mecânica para concepção, projeção, desenvolvimento e análise de equipamentos e sistemas na biologia e medicina, e seu interesse principal para a Ergonomia é o estudo do comportamento do sistema músculo esquelético na realização de uma atividade.

Chaffin, Andersson e Martin (2011, p. 2) denominaram a Biomecânica voltada para Ergonomia de Biomecânica Ocupacional e a definiram como “o estudo da interação física do trabalhador com ferramentas, máquinas e materiais, a fim de aumentar a sua performance enquanto minimiza os riscos de distúrbios musculoesqueléticos”.

A análise biomecânica ocupacional exige o entendimento de que as variadas posições corporais associadas presentes na realização de uma atividade geram forças aplicadas em todo o corpo.

2.4.1 Posturas de trabalho

É possível compreender a relação exigência – atividade através da análise postural do trabalhador. A sua postura é adotada conforme limitações do corpo e organização do posto de trabalho, equipamentos e ferramentas utilizadas. O servente, em grande parte da sua jornada de trabalho, realiza atividades parcialmente estática e parcialmente dinâmica, em postura de pé.

Segundo Másculo (2011a, p. 175), “a postura pode ser definida como a organização dos diversos segmentos corporais no espaço”. No mesmo sentido, lida e Guimarães (2016, p. 157) complementam que “a postura é o estudo do posicionamento relativo das partes do corpo, como cabeça, tronco e membros, no espaço”. Os autores destacam ainda que a adoção de uma boa postura é essencial para a execução do trabalho de forma confortável e sem estresse físico, reforçando a importância do equilíbrio corporal nas atividades laborais.

A postura em pé apresenta vantagem de proporcionar grande mobilidade corporal. O uso de dinâmico de braços, pernas e tronco possibilita desde o alcance de controles de máquinas até andar por grandes distâncias. Além disso ocasiona menor pressão intradiscal. Por outro lado, há maiores resistências no bombeamento

de sangue para os extremos do corpo, elevando o consumo de energia (lida; Guimarães, 2016).

Para manter a postura de pé exige-se bastante trabalho estático, onde uma série de grupos musculares de pernas, dos quadris, das costas e da nuca estão continuamente pressionados (Kroemer; Grandjean, 2005).

A ABNT NBR ISO 11226 (2013, p.2) define postura estática de trabalho como “postura de trabalho mantida por tempo maior que 4 segundo”, e no seu contexto os riscos posturais relacionados ao ângulo e ao tempo são abordados de forma a avaliar a aceitabilidade de posturas estáticas de trabalho. A norma estabelece que a manutenção de posturas inadequadas pode resultar em dor, fadiga e distúrbios do sistema musculoesquelético, influenciando negativamente o controle postural e aumentando o risco de erros e acidentes (ABNT, 2013).

Segundo Kroemer e Grandjean (2005), as posturas forçadas como, por exemplo, manutenção do tronco, cabeça ou membros em posturas não naturais, são certamente a forma mais frequente de trabalho muscular estático. O componente estático existe em quase todas as formas de trabalho como, por exemplo:

1. Trabalhos que envolvem a torção do tronco para frente ou para os lados;
2. Segurar coisas com as mãos;
3. Manipulações que requerem que o braço permaneça esticado ou elevado acima do nível do ombro;
4. Colocar o peso do corpo sobre uma perna, enquanto a outra está acionando um pedal;
5. Ficar de pé em um local por um longo período;
6. Empurrar e puxar objetos pesados;
7. Inclinar a cabeça para frente ou para trás;
8. Elevar os ombros por longos períodos.

Kroemer e Grandjean (2005), mencionam que os sintomas de sobrecarga podem ser divididos em dois grupos: problemas reversíveis e persistentes. Os problemas reversíveis são de curta duração, com dores predominantemente localizadas na musculatura e tendões, e desaparecem assim que a carga é retirada. Os problemas persistentes também se apresentam na musculatura e tendões, e

afetam articulações e tecidos adjacentes, mas as dores não cessam mesmo após trabalho.

A relação da postura com possível local de sintomas de sobrecarga está no Quadro 1.

Quadro 1 – Relação Postura versus Possível local de sintomas de sobrecarga

Trabalho / Postura	Possível local de sintomas de sobrecarga
De pé no lugar	Pés e pernas;possibilidade de varizes
Sentado ereto, sem suporte para as costas	Músculos extensores das costas
Assento muito alto	Joelhos;pernas;pés
Assento muito baixo	Ombros e pescoço
Tronco inclinado para frente, na postura sentada ou de pé	Ombros e braços;possibilidade de periartrite dos ombros
Braço estendido para os lados, para frente ou para cima	Ombros e braços;possibilidade de periartrite dos ombros
Cabeça excessivamente curvada para trás ou para frente	Pescoço;deterioração dos discos invertebrais
Postura forçada de mão em comando ou ferramentas	Antebraço; possibilidade de inflamação dos tendões

Fonte: Adaptado de Kroemer e Grandjean, 2005.

A compreensão das posturas de trabalho, conforme discutido anteriormente, constitui etapa essencial para o diagnóstico ergonômico, pois permite identificar as exigências biomecânicas impostas ao corpo e suas possíveis repercussões sobre o conforto e a saúde do trabalhador.

Entretanto, a observação isolada das posturas não é suficiente para caracterizar os níveis de risco associados às atividades laborais. Torna-se necessário recorrer a métodos ergonômicos sistematizados, capazes de traduzir as posições e movimentos corporais em indicadores quantitativos de risco postural.

Diante disso, a seção seguinte apresenta RULA e REBA e o software Kinebot, descrevendo seus fundamentos, critérios de aplicação e contribuições específicas para a avaliação das posturas adotadas pelos serventes da construção civil.

2.5 FERRAMENTAS ERGONÔMICAS

A literatura especializada utiliza de forma semelhante os termos ‘método ergonômico’ e ‘ferramenta ergonômica’ ao se referir ao RULA e ao REBA. Essa dualidade conceitual decorre da função que essas técnicas desempenham dentro do processo metodológico da Análise Ergonômica do Trabalho (AET) (Iida; Guimarães, 2016).

Segundo Abagnanno (2007, p. 680), a palavra método tem dois significados. O primeiro significado menciona que “é qualquer pesquisa ou orientação de pesquisa” e, o segundo significado define como “uma técnica particular de pesquisa”.

Segundo Gil (2024, p. 9), “a palavra método provém do grego *methods*, e tem o significado de ‘caminho para chegar a um fim’. Refere-se a um conjunto de princípios que orientam a produção, correção ou integração de conhecimentos científicos (Gil, 2024).

Segundo Stanton *et al.* (2016), o termo “método ergonômico” designa um conjunto estruturado de procedimentos sistemáticos para coleta e interpretação de dados sobre a relação homem-trabalho, fundamentado em princípios teóricos e critérios de validade científica. Já o termo “ferramenta” é aplicado a instrumentos operacionais ou guias práticos que auxiliam o ergonomista na aplicação de um método maior.

Dessa forma, o RULA e o REBA são métodos observacionais padronizados, pois seguem protocolos específicos de pontuação, cálculo e classificação de risco (McAtamney; Corlett, 1993); Hignett; McAtamney, 2000). No entanto, são também reconhecidos como “ferramentas ergonômicas” dentro do contexto aplicado, pois servem de suporte instrumental à etapa de diagnóstico da AET.

Conforme Gómez-Galán *et al.* (2017), os procedimentos para avaliar distúrbios musculoesqueléticos podem ser divididos em métodos diretos, semidiretos e indiretos.

Os métodos diretos envolvem o uso de equipamentos eletrônicos aplicados ao corpo do trabalhador para mensurar posturas de trabalho. Esses sensores registram ângulos, distâncias e velocidades dos segmentos corporais analisados, oferecendo alta precisão, coleta quase automática de dados e acompanhamento contínuo das variáveis ao longo do tempo. Entretanto, apresentam desvantagens como o alto custo e o desconforto provocado pelo uso dos sensores, especialmente quando há necessidade de cabos, o que limita sua aplicação em ambientes reais.

Os métodos semidiretos utilizam softwares que possibilitam a avaliação postural a partir de imagens ou vídeos das atividades laborais. Embora a precisão seja inferior à dos métodos diretos, apresentam custo reduzido, ainda que exijam licenças de uso e demandem mais tempo para a análise, já que é necessário interpretar posteriormente as gravações.

Por fim, os métodos indiretos baseiam-se em questionários ou entrevistas respondidos por trabalhadores e/ou avaliadores. São instrumentos elaborados e validados por especialistas ou centros de pesquisa. Têm como principais vantagens o baixo custo e a confiabilidade razoável, mas podem apresentar limitações quanto à complexidade da aplicação, ao tratamento estatístico dos dados e à necessidade de aplicar os questionários a amostras representativas (Gómez-Galán et al., 2017, p. 315).

Segundo Másculo (2011b, p. 284), “o método ergonômico, essencialmente, consiste no uso dos recursos dos diversos campos de conhecimento que possibilitem averiguar, levantar, analisar e sistematizar o trabalho e as condições de trabalho”.

Wilson (1995) *apud* Stanton et al. (2016) divide os métodos ergonômicos quanto aos cinco tipos básicos de dados de design abaixo:

1. métodos de coleta de dados sobre pessoas (ex.: coletar dados sobre capacidades físicas, fisiológicas e psicológicas);
2. métodos utilizados no desenvolvimento de sistema (ex.: coletar dados sobre design de sistema atual e proposto);
3. métodos para avaliar desempenho homem – máquina (ex.: coletar dados com medidas quantitativas e qualitativas);
4. métodos para avaliar as exigências e os efeitos sobre as pessoas (ex.: coletar dados sobre efeitos a curto e longo prazo no bem-estar, analisando o desempenho pessoal nas tarefas);
5. métodos utilizados no desenvolvimento de um programa de gerenciamento ergonômico (ex.: estratégias para avaliar, apoiar e gerenciar intervenções ergonômicas sustentáveis).

Cada método utiliza dados, e de acordo com estes dados, enquadram-se como:

- a) Métodos físicos: dados sobre pessoas, desenvolvimento de sistemas, desempenho homem – máquina e exigência e efeito nas pessoas;

- b) Métodos psicofisiológicos: dados sobre pessoas e exigência, desenvolvimento de sistemas e exigência e efeitos nas pessoas;
- c) Métodos cognitivos-comportamentais: dados sobre pessoas, desenvolvimento de sistemas, desempenho homem – máquina, exigência e efeitos nas pessoas;
- d) Métodos de equipe: dados sobre pessoas, desenvolvimento de sistemas e exigência e efeitos nas pessoas;
- e) Método ambiental: desenvolvimento de sistemas, desempenho homem – máquina e exigência e efeitos nas pessoas;
- f) Métodos macro ergonômicos: desenvolvimento de sistemas, desempenho homem – máquina, exigência e efeitos nas pessoas e programas de gerenciamento ergonômicos.

Shorrock e Williams (2016) mencionaram três restrições fundamentais dos métodos ergonômicos. São elas: acessibilidade, usabilidade e restrições contextuais. Acessibilidade referia-se ao acesso do profissional a periódicos, *software* e propriedade intelectual. A usabilidade referia-se à utilidade e utilização das ferramentas, para a qual havia pouco estudo formal sobre efetiva utilização, dificuldades encontradas etc. E, por fim, a restrição contextual, que se referia às características organizacionais e à influência dos *stakeholders* (clientes) dentro das organizações onde a Ergonomia é praticada.

Estrázulas e Sobral Jr. (2024) comentam que é necessário analisar se o método a ser utilizado é adequado ao fator de risco e se a ferramenta é válida cientificamente.

Os métodos RULA e REBA enquadram-se como métodos físicos, utilizando como fonte de dados a coleta de dados sobre pessoas, o desenvolvimento de sistemas, o desempenho homem – máquina e a avaliação de exigências e efeitos sobre as pessoas.

Os métodos RULA e REBA são provavelmente os mais conhecidos para uma rápida análise de riscos. O Quadro 2 mostra suas principais características, tipos de saída e qual parte do corpo é avaliada.

Quadro 2 – Características dos métodos RULA e REBA

Método	Principais características	Tipo de saída	Avaliação de parte do corpo
RULA	Análise rápida codificada de posturas estáticas e dinâmicas, também considera a força e a frequência da ação: o resultado é uma nota de exposição que leva ao tipo de medidas preventivas a serem tomadas.	Quantitativo	Membros superiores
REBA	Considera todos os segmentos do corpo enquanto leva em consideração a movimentação manual de cargas.	Quantitativo	Corpo inteiro

Fonte: Adaptado de Colombini, Occhipinti e Fanti, 2014.

Segundo Stanton *et al.* (2016), RULA e REBA têm sido muito utilizados em estudos ergonômicos. Enquanto o método RULA é bem adaptado para analisar trabalho sedentário, o método REBA é ideal para avaliação rápida de trabalho em pé.

As ferramentas RULA e REBA foram utilizadas na pesquisa devido a sua ampla aceitação na literatura científica e por sua aplicabilidade em contextos diversos de análise postural.

A ferramenta RULA foi selecionada devido à praticidade na avaliação de posturas envolvendo principalmente os membros superiores, tronco e pescoço, o que é pertinente a atividades da construção civil tais como, por exemplo, transporte manual de cargas. Por outro lado, a escolha da ferramenta REBA deu-se por contemplar posturas mais dinâmicas e de corpo inteiro, comuns em tarefa como, por exemplo, paleamento de areia.

Apesar de haver entendimento diverso sobre o uso dos termos ‘ferramentas ergonômicas’ e ‘métodos ergonômicos’, ao longo desta dissertação optou-se pela utilização das expressões “ferramenta RULA” e “ferramenta REBA”, com o objetivo de reforçar a natureza instrumental e operacional desses métodos dentro do contexto da avaliação postural. Embora ambos (RULA e REBA) sejam originalmente descritos na literatura como métodos de análise ergonômica, seu emprego na prática profissional se dá por meio de protocolos sistematizados de observação e pontuação, frequentemente implementados em planilhas, softwares e aplicativos digitais, configurando-se, portanto, como ferramentas de apoio à análise ergonômica.

2.5.1 Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

McAtamney e Corlett (1993), os inventores do método RULA, mencionam que é possível classificar facilmente cargas musculoesqueléticas em tarefas em que há risco de sobrecarga no pescoço e membros inferiores. Ao utilizar o RULA, apenas o lado direito ou esquerdo é avaliado de cada vez; no entanto, se o observador estiver indeciso ele avaliará os dois lados (McAtamney; Corlett, 1993).

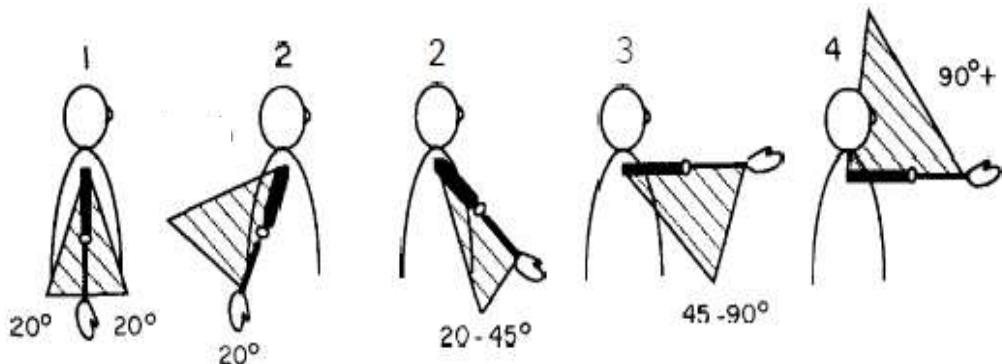
Segundo McAtamney e Corlett (1993), para facilitar a utilização do método, o corpo foi dividido em grupo A e grupo B, sendo o grupo A correspondente à parte superior e inferior do braço (ou antebraço) e o punho, conforme Quadro 3; e o grupo B correspondente a pescoço, tronco e pernas, conforme Quadro 4. Para facilitar a identificação das faixas de postura nos diagramas, cada segmento corporal é apresentado no plano sagital. Se uma postura não puder ser representada dessa forma, por exemplo, quando ocorre abdução, a pontuação a ser adotada é descrita ao lado do diagrama.

As pontuações das amplitudes do movimento do braço (Figura 1) são:

- 1 para 20° de extensão a 20° de flexão;
- 2 para extensão maior que 20° ou 45° de flexão;
- 3 para intervalo de 45° a 90° de flexão;
- 4 para 90° ou mais de flexão.

Se o ombro estiver elevado, a pontuação de postura derivada como acima será aumentada em 1. Se o braço estiver abduzido, a pontuação será aumentada em 1. Se o trabalhador estiver inclinado ou o peso do braço estiver apoiado, a pontuação de postura será diminuída em 1.

Figura 1 – RULA: Pontuação do braço versus ângulo do braço



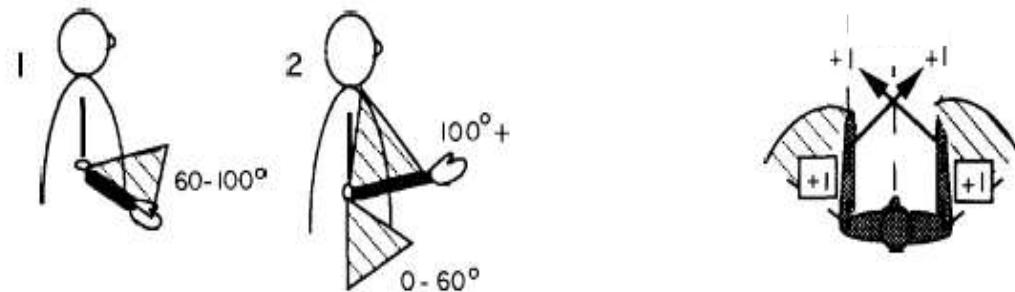
Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

As pontuações para o antebraço (Figura 2) são:

- 1 para flexão de 60° a 100°;
- 2 para menos de 60° ou mais de 100° de flexão.

Se o antebraço estiver trabalhando na linha média do corpo ou para o lado, a pontuação da postura é aumentada em 1.

Figura 2 – RULA: Pontuação do antebraço *versus* ângulo do antebraço



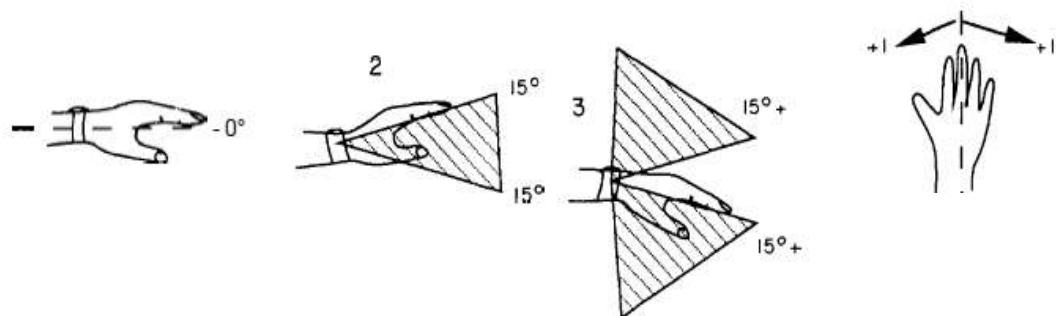
Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

A Figura 3 refere-se à pontuação do punho. A pronação e supinação do punho são definidas em torno da postura neutra e adotam a pontuação seguir:

- 1 se o pulso estiver na faixa intermediária de torção;
- 2 se o pulso estiver no final ou próximo ao final da amplitude de torção.

Se o punho estiver em desvio radial ou ulnar, a pontuação de postura é aumentada em 1.

Figura 3 – RULA: Pontuação do punho *versus* ângulo do punho



Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Quadro 3 – RULA: Pontuação do Grupo A

A		Punho							
		1		2		3		4	
Braço	Antebraço	Giro		Giro		Giro		Giro	
		1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	2	3	3	3	4	4
2	1	2	2	2	3	3	3	4	4
	2	2	2	2	3	3	3	4	4
	3	2	3	3	3	3	4	4	5
3	1	2	3	3	3	4	4	5	5
	2	2	3	3	3	4	4	5	5
	3	2	3	3	4	4	4	5	5
4	1	3	4	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	3	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	7	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	7	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

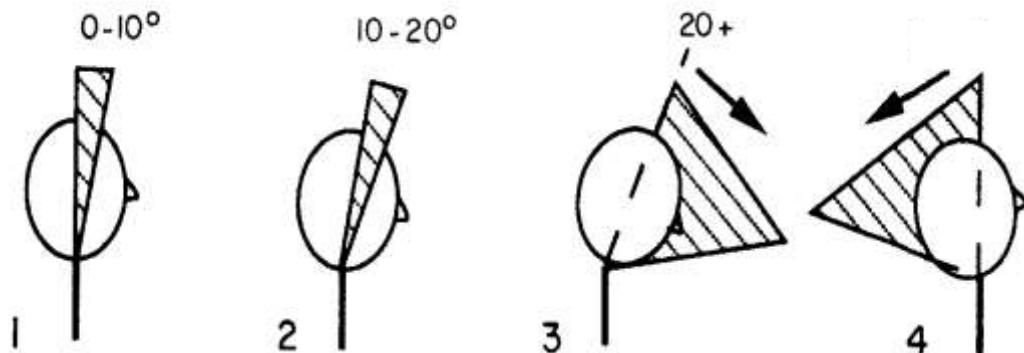
Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Para o grupo B as faixas de postura e pontuações adotadas para o pescoço (Figura 4) são:

- 1 para flexão de 0° a 10°;
- 2 para flexão de 10° a 20°;
- 3 para flexão maior que 20°;
- 4 para extensão.
-

Se o pescoço estiver torcido, essas pontuações são aumentadas em 1. Se o pescoço estiver em flexão lateral, a pontuação é aumentada em 1.

Figura 4 – RULA: Pontuação do pescoço versus ângulo do pescoço



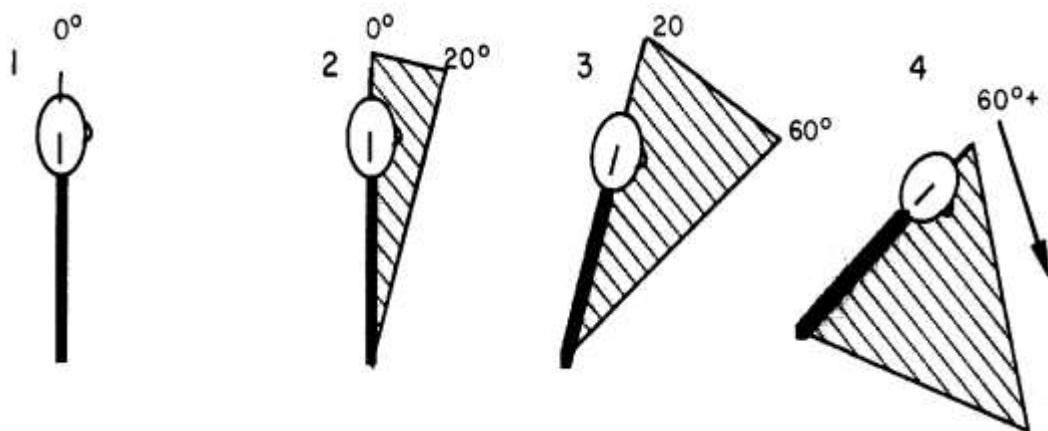
Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Para avaliação do tronco (Figura 5) a pontuação deverá ser:

- 1 quando sentado e bem apoiado com um ângulo quadril-tronco de 90° ou mais;
- 2 para flexão no intervalo de 0° a 20°;
- 3 para flexão entre 20° e 60°;
- 4 para flexão maior que 60°.

Se o tronco estiver se torcendo, a pontuação será aumentada em 1. Se o tronco estiver em inclinação lateral, a pontuação será aumentada em 1.

Figura 5 – RULA: Pontuação do tronco versus ângulo do tronco



Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

A avaliação das pernas terá a pontuação a seguir:

- 1 se as pernas e os pés estiverem bem apoiados, quando sentados com peso equilibrado;
- 1 em pé, com o peso distribuído uniformemente sobre os dois pés, com espaço para mudança de posição;
- 2 se as pernas e os pés não tiverem apoiados ou se o peso não estiver equilibrado de maneira uniforme.

Quadro 4 – RULA: Pontuação do Grupo B

B	Tronco											
	1		2		3		4		5		6	
	Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas		Pernas	
Pescoço	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8
6	8	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Deverão ser observados o uso muscular e aplicação de força ou carga, conforme Quadro 5.

Será acrescida 1 à pontuação caso a postura seja mantida por mais de 10 minutos ou a atividade seja repetitiva.

Quadro 5 – RULA: Pontuação referente ao uso muscular

Postura principalmente estática (mantida por mais de 10 minutos) ou atividade repetitiva (4 vezes ou mais por minuto)	Acrescentar +1
--	----------------

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Quanto a aplicação de força ou carga (Quadro 6), as pontuações são:

- Nada a acrescentar caso a força ou carga seja menor que 2 kg de forma intermitente;
- Acrescentar +1 para força ou carga de 2 a 10 Kg, de forma intermitente;

- Acrescentar +2 para força ou carga de 2 a 10 Kg, em postura estática ou movimento repetido;
- Acrescentar 3 se a força ou carga for maior que 10 Kg, em movimento repetido ou com impacto.

Quadro 6 – RULA: Pontuação referente à força ou carga

Menor que 2kg, de forma intermitente	2 a 10 Kg, de forma intermitente	2 a 10 kg, estático ou repetido	Maior que 10 kg, repetido ou com impacto
Acrescentar +0	Acrescentar +1	Acrescentar +2	Acrescentar +3

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Em seguida, devem ser incorporadas as pontuações de C e D para se obter uma única pontuação que possibilita definir prioridade para investigações futuras. (McAtamney; Corlett, 1993), conforme Quadro 7.

Quadro 7 – Combinação C versus D para pontuação final do RULA

		Pontuação D						
		1	2	3	4	5	6	7+
Pontuação C	1	1	2	3	3	4	5	5
	2	2	2	3	4	4	5	5
	3	3	3	3	4	4	5	6
	4	3	3	3	4	5	6	6
	5	4	4	4	5	6	7	7
	6	4	4	5	6	6	7	7
	7	5	5	6	6	7	7	7
	8+	5	5	6	7	7	7	7

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Ao identificar o nível de ação é possível saber quais ações devem ser tomadas, conforme Quadro 8.

Quadro 8 – Níveis de Ação do RULA

NÍVEIS DE AÇÃO		
Nível 1	Pontuação 1 a 2	Postura aceitável se não repetida ou mantida durante longos períodos
Nível 2	Pontuação 3 a 4	Investigar. Possibilidade de requer mudanças
Nível 3	Pontuação 5 a 6	Investigar. Realizar mudanças rapidamente
Nível 4	Pontuação 7 ou mais	Mudanças imediatas

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Morales e Rando Júnior (2016) realizaram estudo com pedreiros em obra de um edifício residencial na cidade de Londrina, Paraná. O intuito era avaliar a interferência das condições ergonômicas no tempo de execução de paredes de alvenaria de blocos cerâmicos. Foi utilizado o método RULA, sendo registrado o tempo de execução. Após análise de resultados e adequações ergonômicas, o tempo de execução de parede de alvenaria reduziu 21%.

2.5.2 *Rapid Entire Body Assessment (REBA)*

O REBA (*Rapid Entire Body Assessment*) foi desenvolvido a partir de uma necessidade de uma ferramenta de avaliação sensível a posturas de trabalho imprevisíveis como as encontradas em serviços de saúde. Ao final da avaliação o resultado de REBA indica o nível de risco e urgência com que medidas corretivas devem ser implementadas (Hignett; McAntamney, 2000; Stanton *et al.*, 2016).

Segundo Iida e Guimarães (2016), REBA foi desenvolvido como uma evolução do RULA, visando avaliar dois lados do corpo e todas as posturas que foram identificadas como importantes.

Stanton *et al.* (2016), mencionam que o REBA pode ser utilizado quando uma avaliação ergonômica do local de trabalho identifica que uma análise postural mais aprofundada é exigida e:

- o corpo inteiro é utilizado;
- a postura é estática, dinâmica, instável ou muda rapidamente;
- cargas animadas ou inanimadas são carregadas frequentemente ou raramente;
- modificações no local de trabalho, equipamento, treinamento ou comportamento de risco do trabalhador são monitoradas antes/após alterações.

De forma similar ao RULA, REBA dividiu o corpo em dois segmentos: grupos A e B. O grupo A refere-se às posturas para o tronco, pescoço e pernas, sendo adicionada pontuação de “Carga/Força”; e, o grupo B refere-se às posturas para os braços, antebraços e punhos, às quais é adicionada uma pontuação de pega. As pontuações A e B são combinadas e em seguida determinada a pontuação de REBA (Hignett; McAntamney, 2000).

As pontuações do grupo A são referentes ao tronco, pescoço e pernas.

As pontuações referentes ao tronco, conforme Quadro 9 e Figura 6 são:

- 1 para o tronco em posição ereta;
- 2 para o tronco com ângulo de 0° a 20° de flexão ou extensão;
- 3 para o tronco com 20° a 60° de flexão ou maior que 20° de extensão;
- 4 para o tronco com ângulo maior que 60° de flexão.

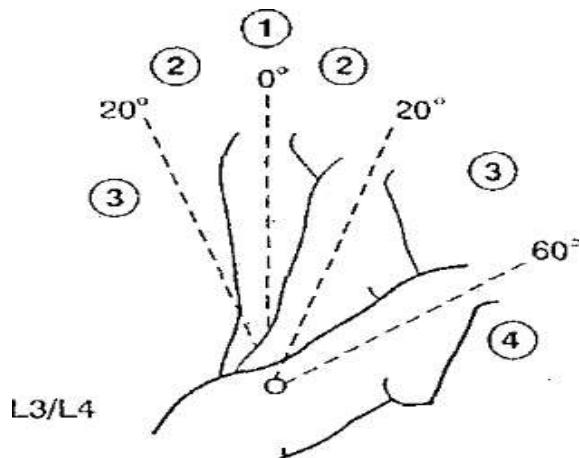
A pontuação será aumentada em 1 se o tronco apresentar torção ou lateralização.

Quadro 9 – REBA: Pontuação referente ao tronco

Tronco		
Movimento	Pontuação	Correção
Ereto	1	Adicionar +1 se houver torção ou lateralização
0° a 20° de flexão	2	
0° a 20° de extensão		
20° a 60° de flexão	3	
> 20° de extensão		
> 60° de flexão	4	

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Figura 6 – REBA: Pontuação do tronco versus ângulo do tronco



Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

As pontuações referentes ao pescoço, conforme Quadro 10 e Figura 7, são:

- 1 para o pescoço com ângulo de 0° a 20° de flexão;
- 2 para o pescoço com ângulo maior que 20° de flexão ou extensão.

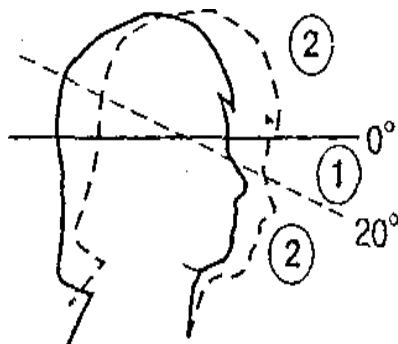
A pontuação será aumentada em 1 se o pescoço apresentar torção ou lateralização.

Quadro 10 – REBA: Pontuação referente ao pescoço

Pescoço		
Movimento	Pontuação	Correção
0° a 20° de flexão	1	Adicionar +1 se houver torção ou lateralização
> 20° de flexão	2	
> 20° de extensão		

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Figura 7 – REBA: Pontuação do pescoço versus ângulo do pescoço

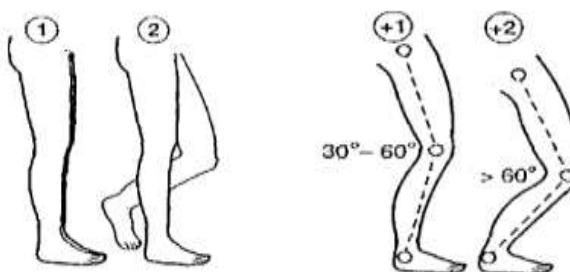


Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

As pontuações referentes às pernas (Quadro 11 Figura 8) são:

- 1 caso o peso corporal seja distribuído de forma bilateral ao caminhar ou se sentar. Neste caso a pontuação será aumentada em 1 se houver flexão de joelhos entre 30° e 60°;
- 2 caso o peso corporal seja distribuído de forma unilateral, com pouca sustentação ou postura instável. Neste caso a pontuação será aumentada em 2 se houver flexão de joelho maior que 60°, exceto em postura sentada.

Figura 8 – REBA: Pontuação das pernas versus apoio e ângulo das pernas



Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Quadro 11 – REBA: Pontuação referente às pernas

Pernas		
Movimento	Pontuação	Correção
Peso bilateral, suportado ao caminhar ou se sentar	1	Adicionar +1 se houver flexão de joelhos entre 30° e 60°
Peso unilateral, pouca sustentação de peso ou postura instável	2	Adicionar +2 se houver flexão de joelho maior que 60°, exceto postura sentada

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

O resultado do grupo A é obtido através da combinação das pontuações do tronco, pernas e pescoço (Quadro 12) é verificada a necessidade de adicionar pontuação referente à carga ou força.

Quadro 12 – REBA: Pontuação do Grupo A

Grupo A		Pescoço											
		1				2				3			
Pernas		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Tronco	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Em seguida é verificada a necessidade de adicionar pontuação referente à força ou carga (Quadro 13).

Quadro 13 – REBA: Pontuação referente à força ou carga

Força/carga inferior a 5 kg	Força/carga de 5 a 10 Kg	Força/carga superior a 10 kg	Impacto ou aumento brusco de força
0	1	2	Acrescentar +1

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

As pontuações do grupo B são referentes aos braços, antebraços e punhos.

As pontuações adotadas para os braços (Quadro 14 e Figura 9) são:

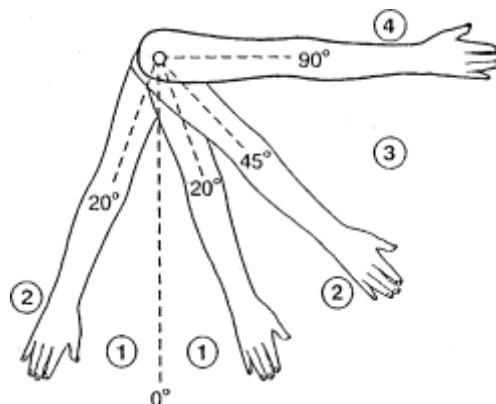
- 1 para os braços com 0° a 20° de flexão ou extensão. A pontuação será aumentada em 1 se houve abdução ou rotação;
- 2 para os braços com ângulo maior que 20° de extensão ou 20° a 45° de flexão. A pontuação será aumentada em 1 se houver elevação do ombro;
- 3 para os braços com 45° a 90° de flexão. A pontuação será reduzida em 1 se estiver apoiado ou com postura a favor da gravidade;
- 4 para os braços com ângulo maior que 90° de flexão. A pontuação será reduzida em 1 se estiver apoiado ou com postura a favor da gravidade.

Quadro 14 – REBA: Pontuação referente aos braços

Braços		
Movimento	Pontuação	Correção
0° a 20° de flexão	1	Adicionar +1 se houver abdução ou rotação
0° a 20° de extensão		
> 20° de extensão	2	Adicionar +1 se houver elevação do ombro
20° a 45° de flexão		
45° a 90° de flexão	3	Diminuir -1 se estiver apoiado ou com postura a favor da gravidade
> 90° de flexão	4	

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Figura 9 – REBA: Pontuação dos braços versus ângulo dos braços



Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

As pontuações referentes aos antebraços (Quadro 15 e Figura 10) são:

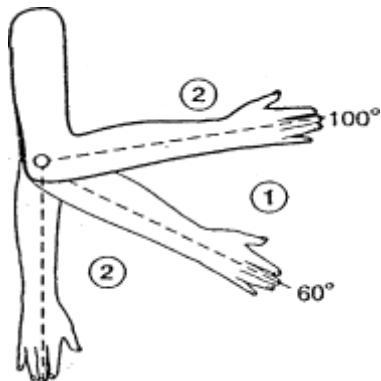
- 1 para os antebraços com 60° a 100° de flexão;
- 2 para os antebraços com ângulo menor que 60° ou maior que 100° de flexão.

Quadro 15 – REBA: Pontuação referente aos antebraços

Antebraços	
Movimento	Pontuação
60° a 100° de flexão	1
< 60° de flexão	
> 100° de flexão	2

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Figura 10 – REBA: Pontuação dos antebraços versus ângulo dos antebraços



Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

As pontuações referentes aos punhos (Quadro 16 e Figura 11) são:

- 1 para os punhos com 0° a 15° de flexão ou extensão;
- 2 para os punhos com ângulo maior que 15° de flexão ou extensão.

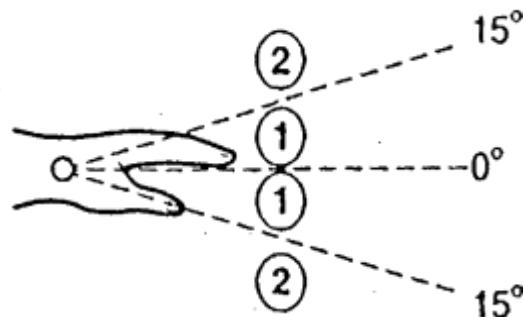
Caso os punhos apresentem torção ou desvio lateral a pontuação será aumentada em 1.

Quadro 16 – REBA: Pontuação referente aos punhos

Punhos		
Movimento	Pontuação	Correção
0° a 15° de flexão	1	Adicionar +1 se houver torção ou desvio lateral
0° a 15° de extensão		
> 15° de flexão	2	Adicionar +1 se houver torção ou desvio lateral
> 15° de extensão		

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Figura 11 – REBA: Pontuação dos punhos versus ângulo dos punhos



Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

A pontuação do grupo B (Quadro 17) é obtida através da combinação das pontuações dos antebraços, punhos e braços.

Quadro 17 – REBA: Pontuação do Grupo B

Grupo B		Antebraço					
		1			2		
Punho		1	2	3	1	2	3
Braço	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	5	6	7	8	7	8	8
	6	7	8	8	8	9	9

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Em seguida é verificada a necessidade de adicionar pontuação referente à pega (Quadro 18).

Quadro 18 – REBA: Pontuação referente à pega

0	1	2	3
Boa	Justa	Pobre	Inaceitável
Alça com bom ajuste e empunhadura potente de médio alcance	Pegada manual é aceitável, mas não é o ideal, ou é aceitável por meio de outra parte do corpo	Segurar manualmente não é aceitável, embora seja possível	Pegada estranha e insegura, sem alças

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Ao cruzar as pontuações obtidas nas avaliações dos grupos A e B obtém-se a pontuação C (Quadro 19).

Quadro 19 – REBA: Pontuação C: combinação A versus B

		Pontuação do Grupo B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Pontuação do Grupo A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
	4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
	5	4	5	5	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Em seguida acrescenta-se pontuação referente a atividade realizada, conforme Quadro 20, obtendo a pontuação final de REBA.

Quadro 20 – REBA: Pontuação referente à atividade

Pontuação	Descrição da atividade
+1	Se uma ou mais partes do corpo estão estáticas (mantido por mais de 1 minuto)
+1	Se ações repetidas (movimentos realizados mais do que 4 vezes por minuto) ocorrem
+1	Se ações causam mudanças de posturas rápidas, amplas ou instáveis

Fonte: Adaptado de Hignett e McAtamney, 2000.

Conforme a pontuação de REBA (Quadra 21) é possível identificar qual ação deve ser tomada.

Quadro 21 – Níveis de Ação do REBA

Pontuação	Risco	Nível de ação	Ação
1	Insignificante	0	Não necessária
2 a 3	Baixo	1	Pode ser necessária
4 a 7	Médio	2	Necessária
8 a 10	Alto	3	Necessária em breve
11 a 15	Muito alto	4	Necessária imediatamente

Fonte: Adaptado de McAtamney e Corlett, 1993.

Chatterge e Sahu (2018) realizaram um estudo com 164 trabalhadores da construção civil em diferentes canteiros de obras. Na ocasião foi utilizado REBA para analisar as posturas operacionais. O estudo revelou que a maioria dos trabalhadores da construção civil trabalhava habitualmente em postura inadequada, com dor na região lombar, pescoço e punho. Também foi descoberta uma associação entre a intensidade da sensação de dor, idade, ano de experiência de trabalho e nível de risco das posturas de trabalho. Chegou-se à conclusão de que um cronograma de trabalho e descanso adequado, alterações em algumas técnicas de trabalho e uso de alguns equipamentos projetados ergonomicamente podem diminuir os distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho.

Alguns estudos mostram a utilização dos métodos RULA e REBA, inclusive comparando os seus resultados entre si ou entre outros métodos utilizados.

Stall *et al.* (2016) realizaram um estudo em seis canteiros de obras de médio porte na cidade de Curitiba, Paraná, para analisar as condições de trabalho de serventes de pedreiros durante o abastecimento de misturados com argamassa. Foram aplicados RULA e REBA para análise postural dos serventes. O método RULA indicou para que houvesse uma observação no posto de trabalho e que poderiam ser necessárias mudanças. O método REBA indicou risco médio, sendo necessária intervenção no posto de trabalho.

Kulkarni e Devalkar (2018) realizaram estudo para avaliar e compreender o papel da ergonomia em várias tarefas no setor da construção, além de determinar a prevalência de DORT. A postura dos trabalhadores foi avaliada com RULA e REBA e verificou-se que alguns procedimentos como corte de granito, alvenaria e reboco foram investigados como sendo de risco.

Ahangar *et al.* (2019) compararam correlações e concordâncias entre os resultados obtidos pelos métodos de avaliação postural OCRA, SI, HAL, RULA, REBA e QEC. Foram gravadas com câmera de vídeo e analisadas por seis avaliadores as quarenta piores e frequentes tarefas em pequenas indústrias. Não houve concordância completa entre os métodos. Estes apresentaram alta confiabilidade, exceto o método OCRA.

Kee (2021) realizou um estudo comparativo entre os métodos observacionais OWAS, RULA e REBA para avaliação de carga musculoesquelética. A comparação entre os métodos foi baseada em 209 casos de distúrbios musculoesqueléticos diagnosticados por médicos. Como resultado, RULA apresentou-se como o melhor

sistema para estimar cargas posturais e a relação com os distúrbios musculoesqueléticos.

Kibria (2023) realizou estudo utilizando RULA e REBA, em obra da construção civil, cujo objetivo era analisar posturas de trabalho dos trabalhadores e os níveis de risco de lesões. Foi identificado que os trabalhadores de fundição de vigas e pilares e de alvenaria possuem alto risco de lesões devido a posturas inadequadas de trabalho.

2.6 INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Segundo Eysenck, M.W; Eysenck, C. (2023, p. 7), inteligência é a capacidade de se adaptar para resolver novos problemas, não se limitando a problemas de um só tipo (ex.: problemas de matemática).

Torres *et al.* (2018, p. 21) afirmam que

A Inteligência Artificial é uma área disciplinar que estuda a criação e o desenho de sistemas computacionais para realizar tarefas intelectuais. É uma das ciências mais recentes que abarca uma grande variedade de subcampos, que vão desde áreas de propósito geral, como a aprendizagem e a percepção a outras áreas mais específicas, como o xadrez e a demonstração de teoremas.

A Inteligência Artificial (IA) foi antecipada na década de 1840 pela senhora Ada Lovelace, concentrando-se nos símbolos e na lógica, sem vislumbrar as redes neurais ou a IA evolutiva e dinâmica (Boden, 2020).

A Inteligência Artificial está bastante presente no nosso dia a dia como, por exemplo, na utilização de e-mails, em aplicativos de jogos ou de instituições financeiras, em sites de relacionamentos ou no *GPS* (*Global Position System*). Muitas informações são processadas e transformadas em soluções para os usuários.

Boden (2020) afirma que todo sistema de IA precisa de dispositivos de entrada e de saída, nem que seja um teclado, uma tela ou sensores para fins especiais.

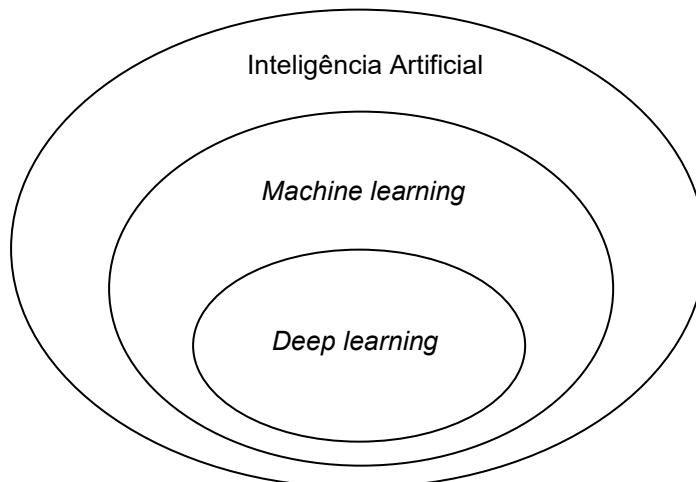
Segundo Taulli (2020), o combustível da IA são os dados, sendo estes podendo ser organizados de forma estruturada, não estruturada, semiestruturadas ou híbrida.

Os dados estruturados são informações organizadas em bancos de dados relacionais ou planilhas (ex.: registros financeiros, números de identificação, endereços e telefones). Por sua vez, os dados não estruturados referem-se a conteúdos que não seguem um modelo de formatação pré-estabelecido, sendo organizados por ferramentas específicas de gestão de dados (ex.: imagens, vídeos,

áudios, textos livres, conteúdos de redes sociais e imagens de satélite). Já os dados semiestruturados constituem uma categoria intermediária, combinando características de dados estruturados e não estruturados. Por fim, os dados híbridos englobam os três tipos anteriormente citados, sendo comumente utilizados para rastrear o comportamento de usuários em ambientes digitais, como *websites*, aplicativos e lojas físicas (Taulli, 2020).

Taulli (2020) apresenta como os principais componentes da IA se relacionam. A IA abrange uma grande variedade de teorias e tecnologias, e está dividida em duas categorias principais: *machine learning* e *deep learning* (Figura 12).

Figura 12 - Visão de alto nível dos principais componentes do mundo da IA



Fonte: Adaptado de Taulli, 2020.

A importância do componente da IA varia conforme sua aplicação (diagnóstica, preditiva, automatizada ou cognitiva). A literatura técnica e científica atual destaca o aprendizado de máquina (*machine learning*) como o componente central da IA moderna.

Crespo (2017) reconhece o aprendizado de máquina como o núcleo dos avanços mais recentes em IA, ao lado das redes neurais artificiais. Para o autor, esse componente representa a transição da IA simbólica clássica (baseada em regras fixas) para abordagens estatísticas e probabilísticas mais flexíveis.

Segundo Russell e Norvig (2021), o aprendizado de máquina é a espinha dorsal dos sistemas de IA mais bem-sucedidos das últimas décadas, pois permite que algoritmos extraiam padrões a partir de grandes volumes de dados, ajustando seu comportamento com base em experiências anteriores, viabilizando tarefas como

reconhecimento de fala, diagnóstico médico automatizado e sistemas de recomendação.

Apesar da IA incluir diversos componentes fundamentais (como raciocínio lógico, visão computacional, processo de linguagem natural e heurísticas de busca), o aprendizado de máquina é amplamente considerado o mais importante por sua aplicabilidade ampla, flexibilidade adaptativa e protagonismo nos avanços recentes da área.

Embora a Inteligência Artificial ainda não seja bastante aplicada na construção civil, já existe prova da sua utilização no trabalho apresentado por Sarduy *et al.* (2013). O estudo propôs um modelo baseado em rede com algoritmo de aprendizado, utilizada para determinação da dosagem de moinho de bolas de cimento por ferramentas de IA a fim de reduzir o consumo de energia e o impacto ambiental.

Em análises ergonômicas a IA está presente no estudo biomecânico dos trabalhadores (também chamado estudo cinesiológico) através da aplicação de sistemas de captura de movimentos (Dos Santos, 2024). Segundo Petrosyan, Dunoyan e Mkrtchyan (2020), a tecnologia de captura de movimento mostra-se como ferramenta eficaz para avaliações ergonômicas, ao permitir de captura de movimento em três dimensões. Além disso, possibilita o registro dos ângulos críticos das articulações, o posicionamento preciso das partes do corpo e posterior transformação e guarda de dados em formato digital.

Segundo Dos Santos (2024) e , a tecnologia de captação de movimentos utiliza IA por meio da visão computacional com base na avaliação cinemática de movimentos humanos. Seus algoritmos integram ferramentas de avaliação ergonômica, tais como RULA, REBA, *Strain Index*, dentre outras.

Wang *et al.* (2021) realizaram um estudo que examinou um novo método de predição de DORT com utilização de inteligência artificial. Foi utilizado um detector de postura que identifica ângulos e estado dos membros para avaliação do nível de risco da postura de trabalho quadro a quadro. O método proposto mostrou-se com grande potencial para avaliação de riscos em tempo real.

O estudo realizado por Garcia-Garcia *et al.* (2013) mostrou as vantagens na utilização dos métodos RULA e REBA e utilização de simulação virtual e programação externa. Os resultados obtidos com RULA e REBA levaram a propostas de melhorias semelhantes.

A utilização de ferramentas de simulação virtual e a possibilidade de enriquecimento das mesmas através da incorporação de novas rotinas próprias e inerentes ao processo de estudo por meio de programação externa, favorece a tomada de decisões empresariais com a consequente economia de custos e investimentos que implicariam a implementação de soluções adoptadas por métodos mais tradicionais que não ofereceriam nem confiabilidade nem um grau suficiente de garantias da sua viabilidade e eficiência antes da sua implementação no processo real, estando em sintonia com os processos de melhoria contínua inerentes à engenharia de fabrico das organizações modernas num ambiente empresarial competitivo (Garcia-Garcia *et al.*, 2013).

Dos Santos (2024) menciona que há vários softwares que auxiliam em estudos de cinesiologia aplicada ao trabalho. No entanto, em alguns deles há modelos de IA que auxiliam na tomada de decisão, e destaca o Kinebot, Catia, Delmia, Vivelab, Ergo-IA e X-Sens.

Dos Santos, Gonçalves e Beserra (2020) destacam para avaliação postural o SAPO (*Software* para Avaliação Postural), desenvolvido no Brasil e o ADiBAS (*Automatic Digital Biometry Analysis System*), dos Estados Unidos.

Nesta pesquisa foi utilizado o software Kinebot por permitir de forma rápida, no próprio local de avaliação, a emissão de relatório com análise de dados coletados. Isso deve-se ao fato da possibilidade de instalar a plataforma do software no aparelho celular do pesquisador ou da não necessidade de instalação de marcadores para posterior análise em laboratório. Além disso, possui em sua plataforma a possibilidade de escolha de ferramentas como RULA e REBA.

2.6.1 Kinebot

Segundo Klein *et al.* (2023), o Kinebot surgiu em 2019 com a formação de um grupo de alunos de pós-graduação da Universidade Federal do Paraná em resposta à “provocação” de uma professora da própria instituição, para solucionar as dificuldades das coletas de dados obtidos através de vivências em consultoria e assessoria de empresas com os serviços de ergonomia.

O Kinebot é uma tecnologia que avalia o movimento do trabalhador por meio da filmagem e do reconhecimento digital utilizando algoritmo de inteligência artificial, possui uma capacidade de análise superior a capacidade observacional humana/manual, pois trabalha a 30 quadros por segundo, ou seja, o ciclo de trabalho é avaliado 30 vezes a cada segundo, gerando um volume de informações e de detalhes

extremamente superiores aos métodos utilizados atualmente (Klein, 2023, p. 20).

Klein (2024) propôs a criação de um protocolo denominado Kinebot, capaz de realizar a avaliação ergonômica a partir da análise de vídeos utilizando visão computacional e algoritmos de cinemática e IA. O sistema automatiza a captura e a interpretação de dados posturais dos trabalhadores em situação real de trabalho, buscando eliminar a variabilidade acusada por julgamentos subjetivos.

O desenvolvimento do protocolo seguiu a abordagem metodológica do *Design Science Research* (DSR), estruturando-se em três fases: (i) exploração, com mapeamento de práticas e definição de personas; (ii) proposição, com o desenvolvimento de requisitos, matriz de risco e interface digital; e (iii) avaliação, com testes de campo, comparativos com o sistema VICON e validações junto a ergonomistas e especialistas certificados pela Associação Brasileira de Ergonomia (Klein, 2024).

Os resultados obtidos demonstraram alta correlação entre os dados gerados pelo Kinebot e os de sistemas tradicionais de referência, como o VICON, além de forte aceitação por parte dos profissionais da área. O protocolo incorpora, em sua estrutura, métodos ergonômicos consagrados, como RULA e REBA, organizados em uma plataforma digital interativa.

Segundo Klein *et al.* (2022), os parâmetros que o *software* solicita ao ergonomista para finalizar o relatório são:

1. Parâmetros de força/carga;
2. Posição das pernas;
3. Repetição do ciclo.

Ao final, o *software* entrega ao avaliador, tanto a angulação quanto a frequência de cada movimento, para cada articulação do corpo (Klein *et al.*, 2022).

A seguir, as etapas para utilização Kinebot. As etapas mostram a análise com escolha do método RULA. A análise utilizando o método REBA é realizada de forma análoga.

- 1- Registro dos movimentos do trabalhador em seu posto de trabalho, através de vídeo (Figura 13);

Figura 13 – Registro dos movimentos do trabalhador



Fonte: Print screen retirado de <https://kinebot.com.br/como-funciona/>

- 2- Selecionar vídeo na plataforma e deixar o sistema analisar a gravação (Figura 14);

Figura 14 - Análise do vídeo pelo Kinebot



Fonte: Print screen retirado de <https://kinebot.com.br/como-funciona/>.

- 3- Selecionar o método que melhor se aplica à função de trabalho desempenhada (Figura 15);

Figura 15 – Kinebot: Etapa de seleção de método a ser utilizado



Fonte: Print screen retirado de Kinebot.

- 4- Preenchimento de formulário com informações sobre o nome do relatório, empresa em que ocorre o estudo, setor do trabalhador e célula, posto de trabalho, atividade, data e avaliador (Figura 16);

Figura 16 – Kinebot: Etapa de preenchimento de formulário

Fonte: Print screen retirado do Kinebot.

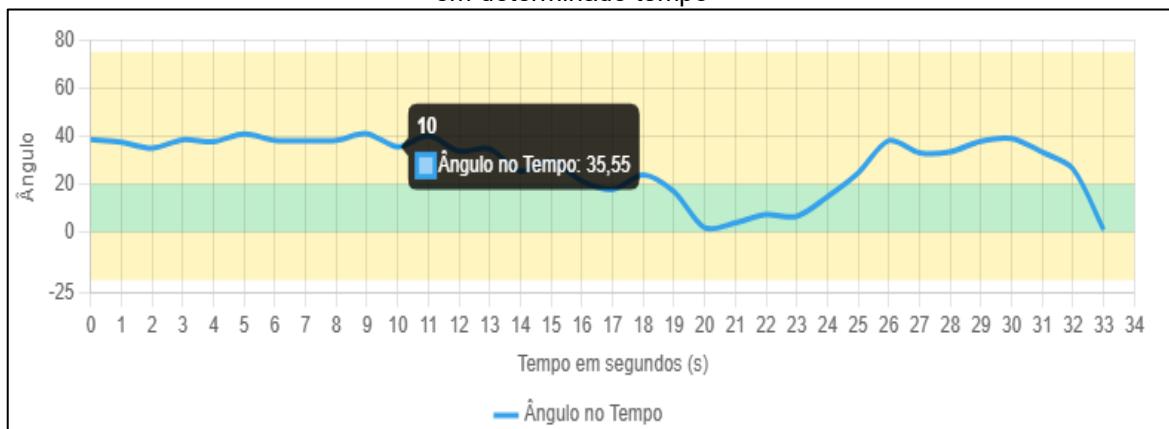
5- Preenchimento de informações sobre a atividade (Figura 17);

Figura 17 – Kinebot: Etapa de preenchimento de informações sobre a atividade

Fonte: Print screen retirado do Kinebot.

6- Geração de *dashboards* com informações sobre ângulo da articulação em determinado tempo (Figura 18).

Figura 18 - Dashboard “Ângulo versus Tempo” gerado pelo Kinebot indicando ângulo da articulação em determinado tempo



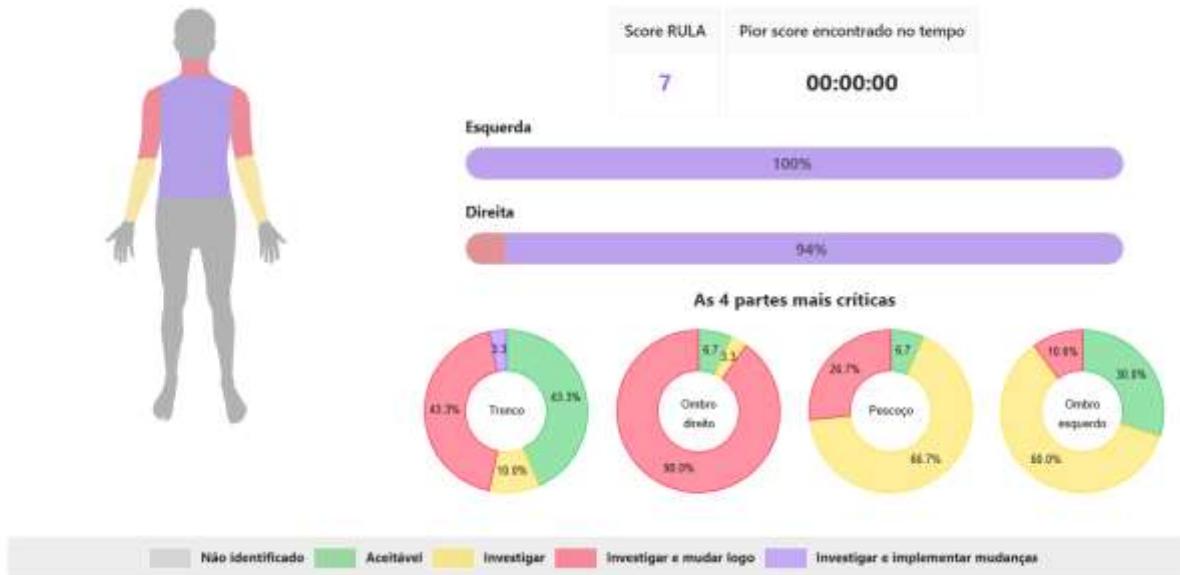
Fonte: Print screen retirado do Kinebot.

O Kinebot sugere a priorização de medidas a serem tomadas alinhada aos resultados obtidos e, conforme o risco, é destacada com uma determinada cor. A Figura 19 mostra a ordem de priorização, conforme classificação de risco.

Os riscos classificam-se em: Aceitável (verde); Moderado (amarelo); Muito elevado (vermelho); Grave e iminente (lilás); e, Risco elevado (laranja).

Figura 19 – Kinebot: Adoção de medidas, conforme risco.

Resultados da análise



Fonte: Print screen retirado do Kinebot.

Klein *et al.* (2022) selecionaram 50 cargos de uma indústria paranaense para um estudo comparativo entre resultados obtidos com RULA e o software Kinebot. Os resultados mostraram correlações positivas e fracas para o tronco, pescoço, antebraço direito, braço esquerdo e direito. Para as variáveis antebraço esquerdo e nível de ação final, houve correlação positiva e moderada. Concluiu-se que, após análise de correlações entre variáveis, os resultados mostraram-se compatíveis. Entretanto, o Kinebot demonstrou ser de fácil utilização e maior rapidez.

Zanon *et al.* (2022) realizaram um estudo em obra localizada no norte do Estado de Santa Catarina. O objetivo foi analisar o posto de trabalho de reboco interno realizado por pedreiro. Na pesquisa foi utilizado o Kinebot configurado para aplicação de RULA. Em seguida, foi aplicado o *check list* OCRA. O relatório emitido pelo Kinebot mostrou que o pedreiro apresentou desvio de tronco acima de 20° por 18,2% do tempo da atividade, para apanhar argamassa. No lançamento da argamassa, Kinebot mostrou que o trabalhador permaneceu 45,5% do tempo da atividade com ombro entre 50° e 90°, e 6,1% do tempo acima de 90°.

3 METODOLOGIA DA PESQUISA

3.1 DESENHO DA PESQUISA

A pesquisa do ponto de vista de sua natureza foi aplicada, pois gerou conhecimentos para aplicação prática e dirigidos à solução de problemas específicos (Gil, 2024). Houve a busca de solução para um problema ergonômico específico no setor da construção civil, avaliando métodos que podem ser mais eficazes na identificação de riscos posturais.

Do ponto de vista da forma de abordagem a pesquisa foi quantitativa. Gil (2024) define a pesquisa quantitativa como aquela que utiliza a quantificação tanto na coleta de informações quanto no tratamento de dados, utilizando instrumentos estatísticos. Houve utilização de dados numéricos (pontuações das ferramentas RULA, REBA e Kinebot).

Do ponto de vista seu objetivo foi descritivo. Gil (2024) menciona que pesquisas descritivas têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. A pesquisa apresentou descrição e comparação de resultados da avaliação postural aplicados ao Serventes da construção civil, sem necessariamente interferir nas condições ou aplicar mudança.

Do ponto de vista do procedimento técnico a pesquisa foi considerada como Estudo de Caso (Gil, 2024), por investigar a atividade de serventes da construção civil em um canteiro de obras específico, utilizando múltiplos instrumentos de coleta de dados e métodos de análise ergonômica.

Além disso, foi realizada pesquisa bibliográfica assistemática (Gil, 2024) a fim de obter embasamento teórico sobre o tema a ser estudado.

3.2 LOCAL DA PESQUISA

O estudo foi realizado em uma obra de construção civil ora denominada Parque Gourmet (Figura 20), focado na análise da postura do servente em atividades consideradas como as mais incômodas, conforme informado em questionário aplicado (APÊNDICE B) junto aos serventes. A obra teve seu início em agosto de 2024 e com previsão de término em novembro de 2025, e ao final terá uma área de 6 mil metros quadrados em estrutura mista (concreto armado e estrutura metálica) destinados a um polo gastronômico com capacidade para 1.800 pessoas.

Figura 20 – Vista da obra Parque Gourmet



Fonte: O Autor, 2025.

A empresa responsável pela obra atua há pouco mais de 20 anos no mercado, na construção de obras residenciais, comerciais e industriais, além de reforma e ampliação, e possui as certificações *International Organization for Standardization* (ISO) 9001 – Sistema de Gestão da Qualidade (APÊNDICE D) e Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBPQ-H) (APÊNDICE E). Nos últimos 12 meses teve 49 afastamentos por motivo de doença e 04 devido a acidentes.

Ao contratar funcionários, inclusive servente, antes do início de sua atividade na empresa, promove treinamento de integração. Após o treinamento o novo funcionário recebe e assina “Ordem de Serviço de Segurança e Saúde Ocupacional”, conforme preceitua a Norma Regulamentadora 01 (BRASIL, 2022b). Também recebe treinamento sobre procedimento padrão para tarefas de servente.

Na “Ordem de Serviço de Segurança e Saúde Ocupacional” do servente consta a descrição summarizada da função, cujo teor é “Demole edificações de concreto, de alvenaria e outras estruturas; prepara canteiros de obras, limpando a área e compactando solos. Efetuam manutenções de primeiro nível, limpando máquinas e ferramentas, verificando condições dos equipamentos e reparando eventuais defeitos mecânicos nos mesmos. Realizam escavação e preparam massa de concreto e outros materiais.”

O servente recebe treinamentos sobre Norma Regulamentadora 12 (BRASIL, 2021a), Norma Regulamentadora 18 (BRASIL, 2021b) e Norma Regulamentadora 35

(BRASIL, 2023), e suas demandas são determinadas por Mestre de Obra ou Encarregado.

3.3 AMOSTRA DE PARTICIPANTES

A obra, no período da pesquisa, possuía um total efetivo de 58 serventes, sendo 29 serventes no período diurno e 29 serventes no período noturno. Para a pesquisa foram considerados o número total de serventes envolvidos na obra durante o período da pesquisa de campo, além de um representante legal da empresa. No entanto, após a aplicação dos critérios de inclusão e exclusão, e cumprimento das diretrizes éticas, a amostra final resultou em 35 serventes, sendo 17 serventes do período diurno e 18 serventes do período noturno.

3.4 CRITÉRIOS DE INCLUSÃO E EXCLUSÃO

Participaram da aplicação do questionário todos os serventes, homens, devidamente registrados com Carteira de Trabalho e Previdência Social (CTPS) assinada pelo empregador, e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE G).

Não participaram da pesquisa os serventes que estavam sob licença médica, em período de experiência e com limitação de movimentos durante a coleta de dados.

No período diurno 09 serventes estavam em período de experiência e 03 serventes exerceiram seus direitos e se recusaram a participar. No período noturno 05 serventes estavam em período de experiência e 06 se recusaram a participar.

3.5 RECRUTAMENTO DOS PARTICIPANTES

No local da pesquisa, em 02 de janeiro de 2025, antes da jornada de trabalho, houve reunião presencial com serventes, em períodos diurno e noturno, no refeitório, localizado na área de vivência (Figura 21) do canteiro de obra, a fim de explicar detalhes da pesquisa. Aqueles que se dispuseram a participar assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE G).

Figura 21 – Área de vivência



Fonte: O Autor, 2025.

3.6 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Para a coleta de dados foram utilizados lápis, photocópias dos diagramas das ferramentas RULA (APÊNDICE H) e REBA (APÊNDICE I), *smartphone* para captação de imagem e gravação de vídeo e cronômetro para cômputo do tempo de aplicação das ferramentas.

No caso do Kinebot, foi utilizado *smartphone* do pesquisador para gravação de vídeo. As ferramentas selecionadas no Kinebot foram RULA e REBA.

3.7 PROCEDIMENTOS PARA COLETA DE DADOS

Após aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética, sob parecer de nº 8.027.933 (APÊNDICE J), foi realizada reunião presencial com representante legal da empresa, em sua sala, localizada na área de vivência do canteiro de obra, para discussão quanto à detalhes da pesquisa a ser realizada. Em seguida, ainda na sua sala, foi submetido à aplicação de questionário (APÊNDICE A) de forma presencial e assinado o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (APÊNDICE F).

A aplicação do questionário (APÊNDICE B) destinado aos serventes foi realizada no período de 06 a 10 de janeiro de 2025, nos períodos diurno e noturno. O questionário aplicado apresentou questões abertas, em entrevista estruturada (Marconi; Lakatos, 2025), de forma presencial, individualizada, no refeitório, localizado

na área de vivência do canteiro de obra, dentro da jornada diária, antes da realização de suas tarefas.

Para a aplicação da ferramenta RULA, foram realizados registros de vídeo e fotográficos de serventes realizando as tarefas que geram desconforto, no canteiro de obra, conforme informação obtida de questionário previamente aplicado. Foram consideradas na avaliação a postura do tronco, do pescoço, dos antebraços e braços. Em seguida, foi utilizada a versão em papel do diagrama de RULA (APÊNDICE H) para anotação das pontuações das posturas das partes do corpo supracitadas.

A aplicação da ferramenta REBA foi análoga à aplicação da ferramenta RULA, também sendo analisadas posturas do tronco, do pescoço, dos antebraços e braços. Entretanto, os dados obtidos através de observação foram anotados na versão em papel do diagrama de REBA (APÊNDICE I).

Para aplicação do Kinebot, o detentor dos direitos do *software* forneceu licença de uso para pesquisador, além de promover capacitação para uso do software. O Kinebot permitiu a realização de *uploads* de vídeos gravados de serventes executando tarefas consideradas incômodas e preenchimento, na plataforma do *software*, de dados sobre o local da pesquisa. Em seguida, o pesquisador selecionou as ferramentas que desejou aplicar (RULA e REBA) e o relatório que pretendeu gerar (Análise de Movimento). O *software* processou os dados, finalizou e emitiu relatório final após preenchimento de parâmetros de aplicação de força ou carga e repetição do ciclo de trabalho por minuto.

Foram realizados registros fotográficos e registros de vídeo. Os registros de vídeo tiveram duração variável, sendo observado o ciclo da tarefa executada, em plano sagital. Os dados foram organizados e tabulados com foco nas posturas analisadas (tronco, pescoço, antebraços e braços) considerando a cada instante de 10 segundos na realização da tarefa. Os registros visaram documentar momentos específicos da execução da tarefa, com foco em posturas críticas, gestos técnicos ou microatividades de interesse analítico. Importa destacar que, conforme os princípios da ergonomia da atividade (Guerín *et al.*, 2001), observações de curta duração não são suficientes, por si só, para representar a complexidade da atividade real de trabalho. Por essa razão, as filmagens curtas foram integradas a observações prolongadas *in loco*, entrevistas com os trabalhadores e registros fotográficos, garantindo a triangulação dos dados e a representatividade das situações analisadas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos resultados abrange duas dimensões principais: o perfil sociodemográfico e ocupacional dos serventes participantes e os dados relativos à aplicação das ferramentas RULA, REBA e Kinebot nas atividades identificadas como mais incômodas.

O tempo de aplicação das ferramentas RULA e REBA na análise de cada tarefa foi cronometrado considerando os tempos de registro da tarefa por vídeo, a análise da postura através de vídeo (a cada 10 segundos) e a atribuição de escore, sendo o tempo médio despendido de, aproximadamente, 26 minutos por tarefa.

Por outro lado, o tempo despendido na utilização do Kinebot foi de 5 minutos por tarefa, considerando registro em campo, implantação de informações na plataforma e geração de *dashboards*.

4.1 PERFIL DO SERVENTE

O Servente, na construtora X, executa as seguintes atividades:

- Escavar valas;
- Limpar teto;
- Fazer massa sem betoneira;
- Descarregar caminhão;
- Operar betoneira;
- Operar martelete para quebra de piso ou peças de concreto;
- Transportar material com carrinho de mão.

O servente também pode auxiliar na entrega de materiais e ferramentas no Almoxarifado, limpar vestiário, limpar salas de trabalho e controlar acesso de pessoas no canteiro de obras.

A jornada de trabalho do servente é, no período diurno, das 07:00h às 17:00h de segunda-feira a quinta-feira; e, das 07:00h às 16:00h às sextas-feiras, com pausa de 1 hora para refeição. No período noturno, a jornada inicia às 22:00h às 06:52h do dia seguinte, de segunda-feira a quinta-feira; e, às sextas-feiras inicia às 22:00h e termina às 06:00h do sábado. Antes do início da jornada noturna é fornecido jantar e das 02:00h às 03:00h é fornecido lanche. São realizadas horas extras se houver necessidade durante a semana e aos sábados.

Através de informações obtidas na aplicação do questionário com 35 serventes, verificou-se que 25,71% dos serventes estão na faixa etária de 34 a 40 anos, seguida de 22,86% na faixa etária de 41 a 47 anos.

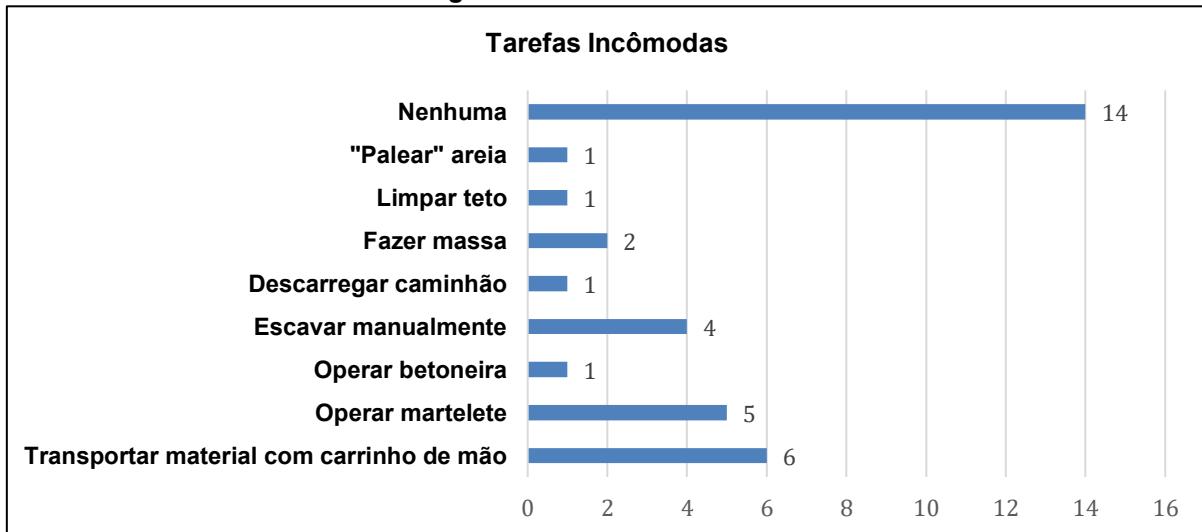
Quanto a escolaridade, 34,29% dos serventes possuem o Ensino Fundamental Incompleto, seguido de 28,57% com Ensino Médio Incompleto.

Quanto à percepção de dor, 46% relatam sentir dor. A coluna lombar é a região do corpo mais pontuada (81,25%), seguida de braços (25%) e ombros (18,75%). O questionário revelou que 63% dos serventes sentem dor no período de 0 a 6 meses. Os serventes classificam a dor como moderada (56%), aumentando com o trabalho (62,50%) e cessando com o repouso (75%).

Quanto ao tempo de experiência como servente, 42,86% possuem experiência superior a 3 meses até 3 anos; e, 85,71% possuem tempo superior a 3 meses até 01 ano na construtora X.

A amostra apresentou domínio de lateralidade destro (82,86%). Dos participantes, 17,14% consideraram como tarefa mais incômoda o transporte de material (sacos de cimento, blocos de alvenaria estrutural, massa (cimento + areia + água)) com carrinho de mão, seguido da operação com martelete (14,29%) e escavação manual (11,43%). Além disso, 40,0% relataram que não sentem incômodo na execução de suas tarefas (Figura 22).

Figura 22 – Tarefas incômodas



Fonte: O Autor, 2025.

As tarefas “Descarregar caminhão” e “Fazer massa” não foram consideradas por não serem atividades corriqueiras.

4.2 DADOS OBTIDOS COM AS FERRAMENTAS RULA, REBA e KINEBOT

As tarefas a seguir foram analisadas conforme informações obtidas em questionário aplicado junto aos serventes. Os registros de imagens e vídeos foram realizados observando os protocolos requeridos para RULA, REBA e para o Kinebot.

4.2.1 Tarefa 1: Transportar material com carrinho de mão

O transporte de material é realizado com carrinho de mão. Os materiais transportados são sacos de cimento com 50 Kg, massa (mistura de água + cimento + areia + brita), metralha (resíduos de quebra de paredes ou piso) e blocos de alvenaria estrutural (com aproximadamente 18 Kg). O servente chega a percorrer distância superior a 500 metros em piso irregular ou regular (arenoso ou não), em aclive, com carrinho de mão carregado, quando há necessidade de transportar material para piso superior da obra.

A Figura 23 mostra o servente transportando massa em direção ao segundo piso da obra. A massa é fabricada na betoneira e colocada no carrinho pelo Operador da Betoneira. A massa é utilizada em reparos ou complementos de alguma parte da edificação.

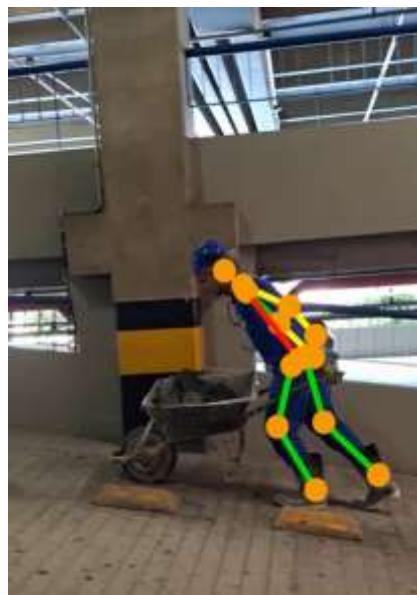
Figura 23 – Servente transportando material com carrinho de mão



Fonte: O Autor, 2025.

A Figura 24 mostra o servente, em rampa, rumo ao segundo piso da obra transportando massa, sob análise do Kinebot.

Figura 24 – Imagem gerada pelo Kinebot no transporte de material



Fonte: O Autor, 2025.

A análise do vídeo do servente transportando material com carrinho de mão permitiu, utilizando as ferramentas RULA e REBA, para o pescoço, resultados conforme a Tabela 1.

Tabela 1 – Transporte de material: Pontuações do pescoço

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	0 a 10	1	0 a 20	1
10	10 a 20	2	0 a 20	1
20	0 a 10	1	0 a 20	1
30	10 a 20	2	0 a 20	1
33	0 a 10	1	0 a 20	1

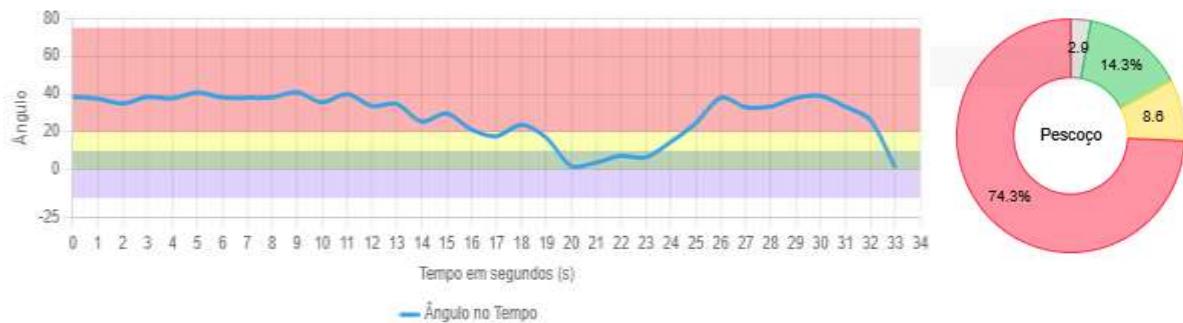
Fonte: Autor (2025).

Os resultados da Tabela 1 mostraram que as pontuações de RULA variaram entre 1 e 2, enquanto as de REBA mantiveram-se em 1 durante todo o período observado. Essas classificações indicam posturas predominantemente neutras, com o pescoço apresentando flexões entre 0° e 20°.

As Figuras 25 e 26 apresentam os resultados obtidos no Kinebot (configurado para uso de RULA e REBA) referentes à avaliação cinemática do pescoço durante a tarefa de transporte de material com carrinho de mão. Observou-se que as flexões do pescoço ultrapassaram 20° em 74,3% (RULA) e 88,6% (REBA) do tempo da atividade, conforme demonstrado nos gráficos de ângulo por tempo, caracterizando posturas

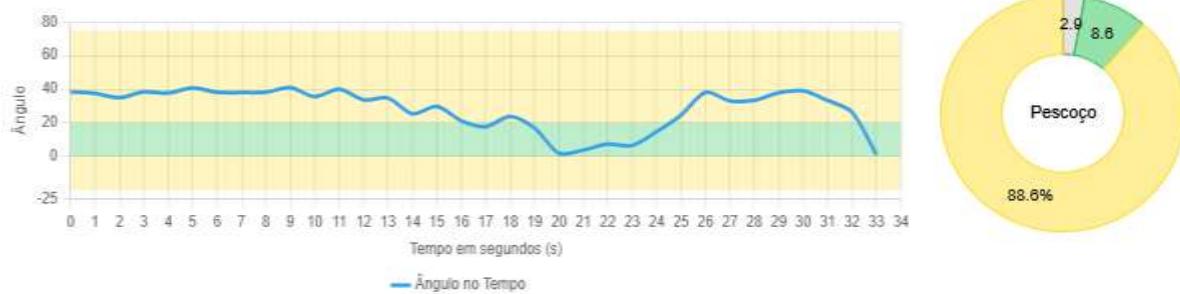
inclinadas e potencialmente desconfortáveis. Essas amplitudes indicam sobrecarga muscular estática devido à necessidade de manter a cabeça projetada à frente para direcionar o movimento e visualizar o trajeto. O padrão de movimento observado no Kinebot sugere manutenção dessa postura por tempo contínuo, o que agrava o risco mesmo em atividades intermitentes.

Figura 25 – Transporte de material: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 26 – Transporte de material: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

A ABNT NBR ISO 11226 (2013) indica que flexões do pescoço superiores a 20° não devem ser mantidas por períodos prolongados.

Penteado (2024) cita flexão do pescoço maior que 20° como postura crítica.

Esses achados são coerentes com os relatos de dor no pescoço pelos serventes, indicando que a sustentação da flexão da cabeça, associada ao empurrar e estabilizar o carrinho, contribui para o desenvolvimento de fadiga e dor muscular.

Assim, as Figuras 25 e 26 evidenciam que o Kinebot amplia a compreensão do risco ao demonstrar que o tempo de permanência e a amplitude de flexão são fatores determinantes para a sobrecarga.

As pontuações referentes ao tronco, após a análise do vídeo e anotações em formulários de RULA e REBA constam na Tabela 2.

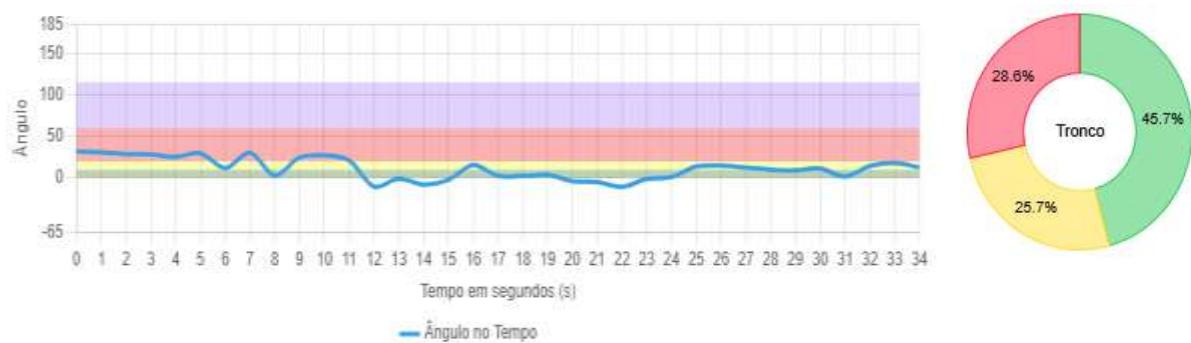
Tabela 2 – Transporte de material: Pontuações do tronco

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	20 a 60	3	20 a 60	3
10	20 a 60	3	20 a 60	3
20	0 a 20	2	0 a 20	2
30	20 a 60	3	20 a 60	3
33	0 a 20	2	0 a 20	2

Fonte: Autor (2025)

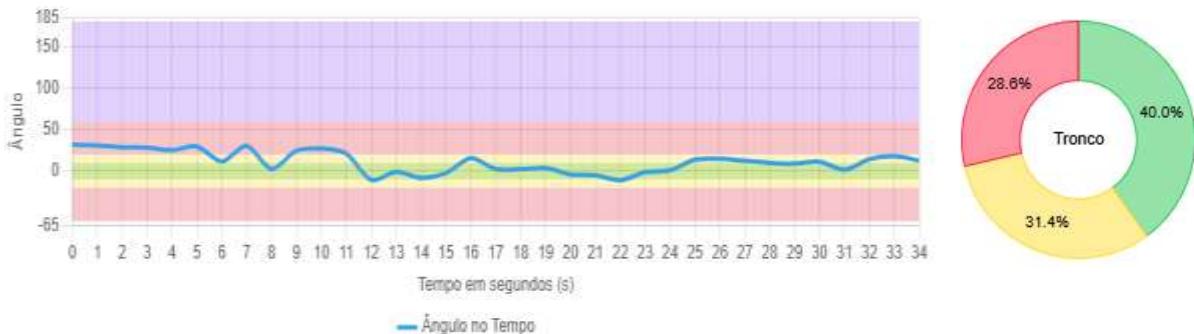
As pontuações obtidas para o tronco foram majoritariamente 3 em ambas as ferramentas, correspondendo a ângulos de flexão entre 20° e 60°. Essa condição está associada à exigência de empurrar e equilibrar cargas pesadas à frente do corpo, comum na atividade de transporte de materiais com carrinho de mão.

As Figuras 27 e 28 apresentam os resultados do Kinebot referentes à avaliação cinemática do tronco durante a tarefa de transporte de material com carrinho de mão. A análise demonstra que, ao longo da atividade, o trabalhador permaneceu 45,7% (em RULA) e 40% (em REBA) do tempo da tarefa com tronco fletido entre 0° e 20°, apresentando momentos de inclinação superiores a 20° no restante do tempo, exigindo esforço contínuo da musculatura lombar.

Figura 27 – Transporte de material: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 28 – Transporte de material: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226:2013, flexões do tronco superiores a 20° devem ser intercaladas com pausas ou apoio, pois sua manutenção prolongada aumenta a compressão lombar e a fadiga muscular. Essa condição explica os relatos de dor na região lombar pelos serventes, resultantes do esforço repetido para empurrar e estabilizar o carrinho sob carga.

Os resultados evidenciam que o Kinebot amplia a compreensão do risco ao demonstrar o tempo de permanência e a amplitude de flexão, que são fatores determinantes para a sobrecarga.

Quanto ao antebraço direito, após aplicação das ferramentas RULA e REBA, os dados apresentaram-se conforme a Tabela 3.

Tabela 3 – Transporte de material: Pontuações do antebraço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	<60	2	<60	2
10	<60	2	<60	2
20	<60	2	<60	2
30	<60	2	<60	2
33	60 a 100	1	60 a 100	1

Fonte: Autor (2025)

As pontuações de RULA e REBA permaneceram em 2 durante praticamente toda a observação, indicando flexão inferior a 60°. A tarefa exige contração sustentada para empurrar e controlar o carrinho, o que pode levar à fadiga muscular localizada nos antebraços.

As Figuras 29 e 30 apresentam os resultados do Kinebot referentes à análise cinemática do antebraço direito durante a tarefa de transporte de material com carrinho de mão.

Figura 29 – Transporte de material: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 30 – Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Os gráficos demonstram que o trabalhador manteve o antebraço direito fletido em ângulo inferior a 60° durante todo tempo, com períodos prolongados de contração sustentada. Essa condição revela alta demanda muscular localizada, com pouca variação de postura e esforço contínuo para estabilizar a carga, o que caracteriza uma sobrecarga sobre os músculos do antebraço. Essas observações são coerentes com os relatos de dor informados pelos serventes.

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas mantidas por longos períodos, mesmo quando associadas a ângulos moderados, devem ser evitadas.

Os dados apresentados na Tabela 4 referem-se às pontuações para antebraço esquerdo, após utilização das ferramentas RULA e REBA.

Tabela 4 – Transporte de material: Pontuações do antebraço esquerdo

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	<60	2	<60	2
10	<60	2	<60	2
20	<60	2	<60	2
30	<60	2	<60	2
33	60 a 100	1	60 a 100	1

Fonte: Autor (2025)

Os resultados do antebraço esquerdo foram semelhantes aos do lado direito, com pontuações 2 na maior parte do tempo e 1 nos instantes finais.

As Figuras 31 e 32 apresentam os resultados obtidos no Kinebot referentes à avaliação cinemática do antebraço esquerdo durante a tarefa de transporte de material com carrinho de mão. Os gráficos indicam que o trabalhador manteve movimentos sincronizados com o antebraço direito, com padrões de flexão contínuos ao longo da execução da tarefa. Observa-se que, em determinados momentos, o antebraço esquerdo permaneceu em ângulo de flexão acima dos níveis ideais de conforto.

Figura 31 – Transporte de material: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 32 – Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), as posturas mantidas com flexão prolongada dos membros superiores devem ser evitadas, pois favorecem dor e fadiga muscular.

Esses resultados são compatíveis com os relatos de dor nos braços e ombros apresentados pelos serventes, e possibilitam a compreensão de que a ausência de variação postural e a repetição do esforço são fatores críticos para o desenvolvimento de fadiga muscular, conforme cita Kroemer e Grandjean (2005).

Quanto às pontuações para braço direito, RULA e REBA apresentaram os dados apresentados na Tabela 5.

Tabela 5 – Transporte de material: Pontuações do braço direito

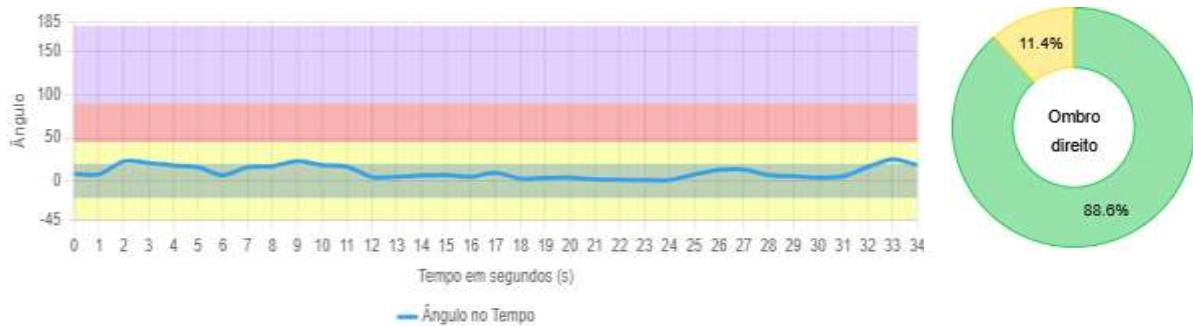
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1
10	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1
20	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1
30	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1
33	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1

Fonte: Autor (2025)

A Tabela 5 apresentou pontuação 1 em todos os instantes avaliados, tanto para RULA quanto para REBA, o que indica postura neutra, com o braço posicionado entre -20° e 20°. Essa condição, isoladamente, sugere baixo risco postural. Contudo, a tarefa de transporte de material envolve empurrar cargas por longos períodos, mantendo os braços estendidos e sustentando a força aplicada de forma contínua.

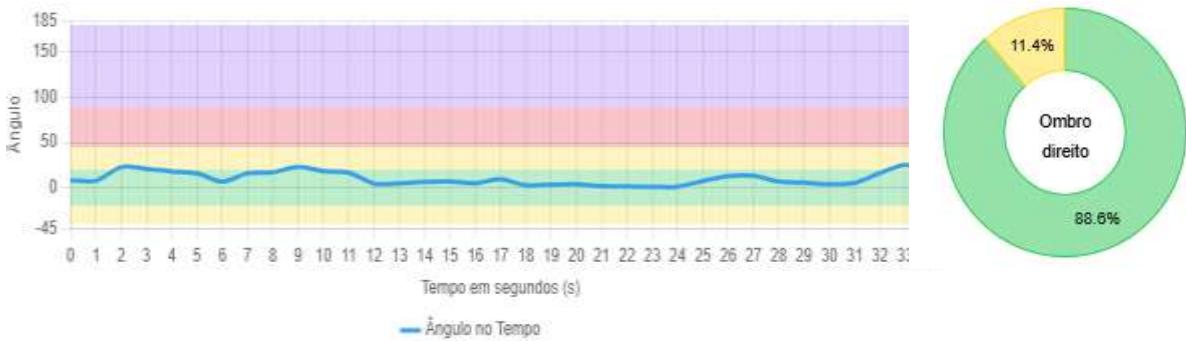
As Figuras 33 e 34 apresentam os resultados obtidos no Kinebot referentes à avaliação cinemática do braço direito durante a tarefa de transporte de material com carrinho de mão. Os gráficos indicam que o trabalhador manteve o braço direito em movimento quase contínuo, fletido entre 0° e 20°, compreendendo 88,6% do tempo registrado.

Figura 33 – Transporte de material: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 34 – Transporte de material: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

O baixo escore de RULA e REBA não elimina o risco, mas demonstra a limitação dos métodos observacionais frente a atividades com esforço estático repetido. O Kinebot evidenciou que, embora o movimento do braço direito apresente variação, há períodos prolongados de sustentação da postura semifletida, o que reforça o risco de sobrecarga muscular acumulada. Além disso, identificou pontos de flexão superiores a 20°, que deve ser observado durante a jornada de trabalho do servente.

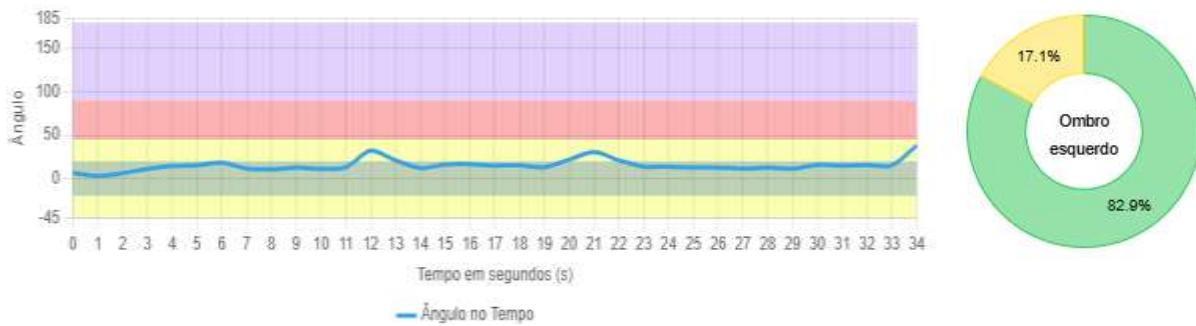
Os resultados da Tabela 6 repetem o padrão do braço direito, com pontuação 1 em todas as observações, o que caracteriza posturas neutras e simétricas. Ainda assim, os relatos de desconforto nos ombros e no pescoço indicam que o problema não está no ângulo articular, mas sim na duração da atividade e na exigência de força constante para conduzir o carrinho.

Tabela 6 – Transporte de material: Pontuações do braço esquerdo

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1
10	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1
20	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1
30	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1
33	>-20 a <20	1	>-20 a <20	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 35 e 36 apresentam os resultados obtidos no Kinebot referentes à avaliação cinemática do braço esquerdo durante a tarefa de transporte de material com carrinho de mão. Os gráficos indicam que o trabalhador manteve movimentos suaves e de baixa amplitude sugerindo uma postura estável, com o braço atuando predominantemente na manutenção do equilíbrio e direção do carrinho, sem grandes elevações ou esforços articulares excessivos.

Figura 35 – Transporte de material: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 36 – Transporte de material: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

O comportamento identificado pelo Kinebot confirma que o trabalhador permaneceu, na maior parte do tempo (82,9%), dentro dos limites ergonômicos recomendados, o que reduz a probabilidade de sobrecarga muscular e fadiga precoce.

Ainda assim, a repetição contínua dos movimentos e o esforço estático prolongado para equilibrar a carga podem contribuir para fadiga leve e desconforto muscular. Esses aspectos se refletem nos relatos de dor nos ombros e braços mencionados pelos serventes.

4.2.2 Tarefa 2: Operar martelete

A operação com martelete é realizada quando há necessidade de quebrar peças de concreto (blocos, tampas) e arrasamento de estacas. A utilização do martelete é feita em período noturno ou das 07:00h às 08:00h da manhã. O martelete pesa 30 kg, e os serventes que o utilizam são treinados para o seu uso.

A Figura 37 mostra servente arrasando estaca com martelete somente é utilizado por serventes treinados.

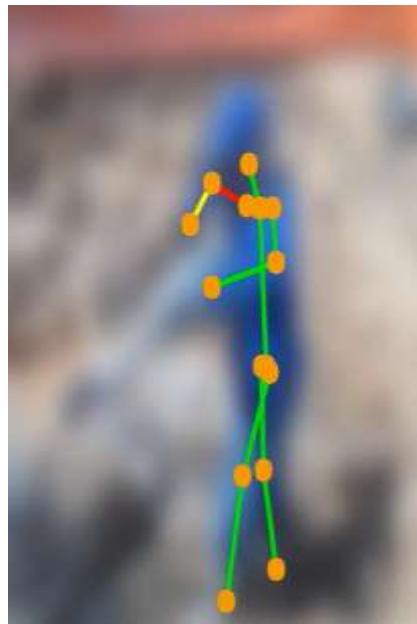
Figura 37 – Servente arrasando estaca com martelete



Fonte: Autor, 2025.

A Figura 38 mostra o servente utilizando martelete, sob análise do Kinebot.

Figura 38 – Imagem gerada pelo Kinebot no arrasamento de estaca



Fonte: Autor, 2025.

A análise do vídeo do servente operando martelete permitiu resultados, utilizando ferramentas RULA e REBA para o pescoço, conforme a Tabela 7.

Tabela 7 – Operação com martelete: Pontuações do pescoço

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	10 a 20	2	0 a 20	1
10	>20	3	> 20	2
20	>20	3	0 a 20	1
24	>20	3	0 a 20	1

Fonte: Autor (2025)

As ferramentas RULA e REBA apontaram flexão cervical acentuada e mantida, com escores variando entre 2 e 3, o que indica risco postural devido à necessidade de acompanhamento visual da área de impacto do martelete.

Os resultados apresentados nas Figuras 39 e 40 referem-se à avaliação cinemática do pescoço durante a operação com martelete, obtida por meio do software Kinebot.

De acordo com os gráficos, foi observada flexão cervical acentuada e mantida ao longo da tarefa (RULA: 64%; REBA: 76%), com ângulos superiores a 20°. Pescoço com flexão maior que 20% é considerada postura crítica (Penteado, 2024) e contribui

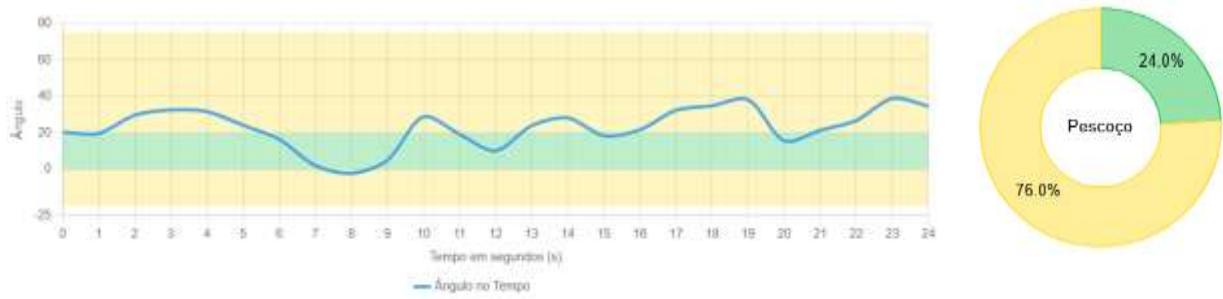
para sobrecarga estática na musculatura cervical, o que está em conformidade com os escores entre 2 e 3 encontrados nas ferramentas RULA e REBA.

Figura 39 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 40 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

A manutenção dessa postura durante toda a operação pode levar a fadiga muscular e dores no pescoço (sintomas relatados pelos próprios serventes).

A Tabela 8, referente às pontuações do tronco utilizando as ferramentas RULA e REBA, indica que durante a operação com martelete o tronco permaneceu em flexão entre 0 e 20° em todos os instantes observados, com registro de rotação durante a tarefa. Isso se refletiu em escore 3 para RULA e REBA.

Tabela 8 – Operação com martelete: Pontuações do tronco

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	0 a 20	2	0 a 20	2
10	0 a 20	2	0 a 20	2
20	0 a 20	3	0 a 20	3
24	0 a 20	3	0 a 20	3

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 41 e 42 apresentam os resultados da avaliação cinemática do tronco durante a operação com martelete, obtidos pelo Kinebot configurado para ferramentas RULA e REBA.

Figura 41 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 42 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Os registros demonstram que o tronco se manteve em ângulos de flexão entre 0° e 20° durante 88% (RULA) e 84% (REBA) do tempo de realização da tarefa, com ocorrência de movimentos de rotação relacionados ao direcionamento do equipamento. Embora esses valores estejam dentro da faixa considerada aceitável

pela ABNT NBR ISO 11226 (2013), que admite inclinações até 20° para atividades contínuas, a análise cinemática evidencia baixa variação postural e esforço estático prolongado, fatores que podem gerar fadiga muscular mesmo em posturas aparentemente seguras. Essa interpretação é reforçada pelos relatos dos serventes, que mencionaram dores na região lombar.

A Tabela 9 refere-se às pontuações do antebraço direito utilizando as ferramentas RULA e REBA. Observando com as ferramentas RULA e REBA, o antebraço direito permaneceu com angulação entre 60° e 100° com movimentos repetitivos e sustentados, resultando em escores 1 em todos os momentos analisados, correspondendo a amplitudes dentro de parâmetros aceitáveis.

Tabela 9 – Operação com martelete: Pontuações do antebraço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	60 a 100	1	60 a 100	1
10	60 a 100	1	60 a 100	1
20	60 a 100	1	60 a 100	1
24	60 a 100	1	60 a 100	1

Fonte: Autor (2025)

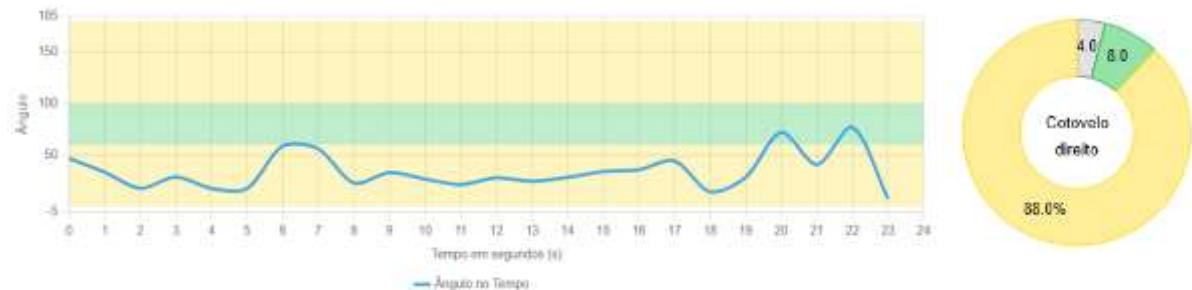
As Figuras 43 e 44 apresentam os resultados da avaliação cinemática do antebraço direito durante a operação com martelete, conforme registros obtidos no Kinebot. Os resultados mostram que o antebraço direito se manteve em ângulos predominantemente abaixo de 60° durante praticamente todo o tempo (88%) de execução da tarefa.

Figura 43 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 44 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

O Kinebot apresentou resultados diferentes da aplicação das ferramentas RULA e REBA em meio físico. Evidencia-se fortemente a precisão do software ao identificar variações angulares durante a realização da tarefa, o que torna uma postura aparentemente neutra em condição de sobrecarga musculoesquelética. Os relatos de dor pelos serventes corroboram essa análise.

A Tabela 10 apresenta os resultados referentes à avaliação do antebraço esquerdo durante a operação com martelete, obtidos por meio das ferramentas RULA e REBA.

Tabela 10 – Operação com martelete: Pontuações do antebraço esquerdo

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	60 a 100	1	60 a 100	1
10	60 a 100	1	60 a 100	1
20	>100	2	>100	2
24	>100	2	>100	2

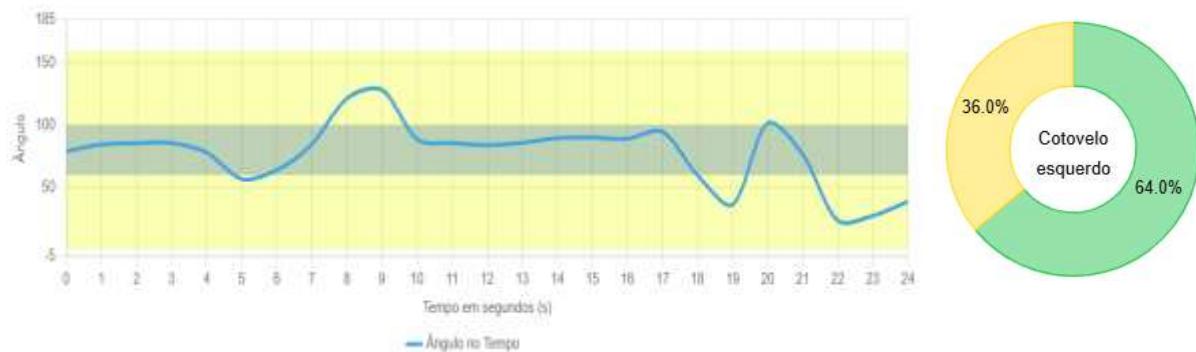
Fonte: Autor (2025)

O antebraço esquerdo apresentou comportamento com pontuações 1 a 2 em RULA e REBA, com picos superiores a 100° em determinados momentos, refletindo o esforço exigido para estabilizar o equipamento durante o arrasamento e o rompimento de concreto. Isso significa que o antebraço, em determinados momentos, situou-se em zona funcional dentro do parâmetro aceitável.

As Figuras 45 e 46 apresentam os resultados da avaliação cinemática do antebraço esquerdo durante a operação com martelete, obtidos por meio do Kinebot, com aplicação das ferramentas RULA e REBA.

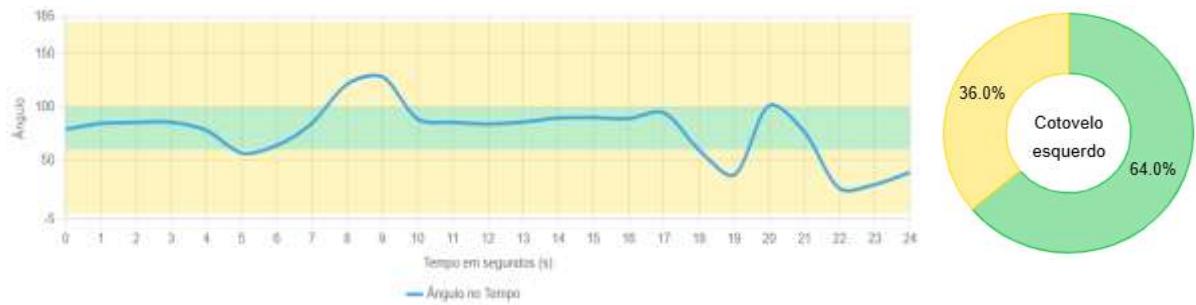
As análises pelo Kinebot também indicam que o antebraço esquerdo se manteve predominantemente entre 60° e 100° de flexão (64%), com momentos de pico de flexão (> 100°), evidenciando o esforço contínuo para estabilizar o martelete.

Figura 45 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 46 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Embora a ABNT NBR ISO 11226 (2013) considere aceitáveis posturas nessa faixa angular, os gráficos do Kinebot demonstram ainda baixa alternância postural, indicando atividade estática prolongada, o que corrobora os relatos dos serventes referentes à percepção de dor.

A Tabela 11 apresenta os resultados referentes à avaliação do braço direito durante a operação com martelete, obtidos por meio das ferramentas RULA e REBA.

Tabela 11 – Operação com martelete: Pontuações do braço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	>20 a <20	2	>20 a <20	2
10	45 a 90	3	45 a 90	3
20	20 a 45	2	20 a 45	2
24	20 a 45	2	20 a 45	2

Fonte: Autor (2025)

Os dados revelam que o ângulo do braço variou entre -20° e 90°, atingindo momentos de elevação significativa durante o uso do equipamento. Esse comportamento justifica-se pela necessidade de sustentação e direcionamento do martelete.

As Figuras 47 e 48 apresentam os resultados da avaliação cinemática do braço direito durante a operação com martelete, obtidos pelo Kinebot. Os gráficos indicam que o braço direito permaneceu elevado entre 45° e 90° durante grande parte da execução da tarefa (40%), com momento de elevação superior a 100°.

Figura 47 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 48 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Segundo a ABNT NBR ISO 11226 (2013), elevações de braço acima de 45° devem ser evitadas por longos períodos. Penteado (2024) cita que braços com abdução maior que 60% e braços elevados acima dos ombros são consideradas posturas críticas. Os relatos dos serventes sobre dor nos ombros convergem com os resultados obtidos.

A Tabela 12 apresenta os resultados referentes à avaliação do braço esquerdo durante a operação com martelete, obtidos por meio das ferramentas RULA e REBA. Observou-se que o ângulo do braço esquerdo variou entre -20° e mais de 90°, com predominância de elevação entre 45° e 90°, indicando uma postura elevada e mantida ao longo da atividade.

As pontuações variaram entre 3 e 5, refletindo o esforço exigido na sustentação do martelete, em que o braço esquerdo atua conjuntamente com o direito para estabilizar o equipamento e absorver as vibrações. A elevação prolongada e o controle constante do peso e da vibração resultam em sobrecarga estática sobre a musculatura dos ombros.

Tabela 12 – Operação com martelete: Pontuações do braço esquerdo

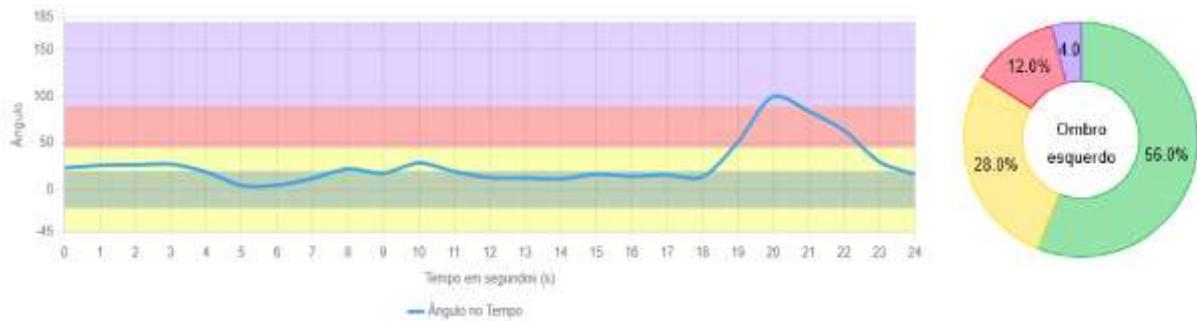
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	>-20 a <20	2	>-20 a <20	2
10	45 a 90	3	45 a 90	3
20	>90	4	>90	5
24	45 a 90	3	45 a 90	3

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 49 e 50 apresentam os resultados da avaliação cinemática do braço esquerdo durante a operação com martelete, obtidos pelo Kinebot.

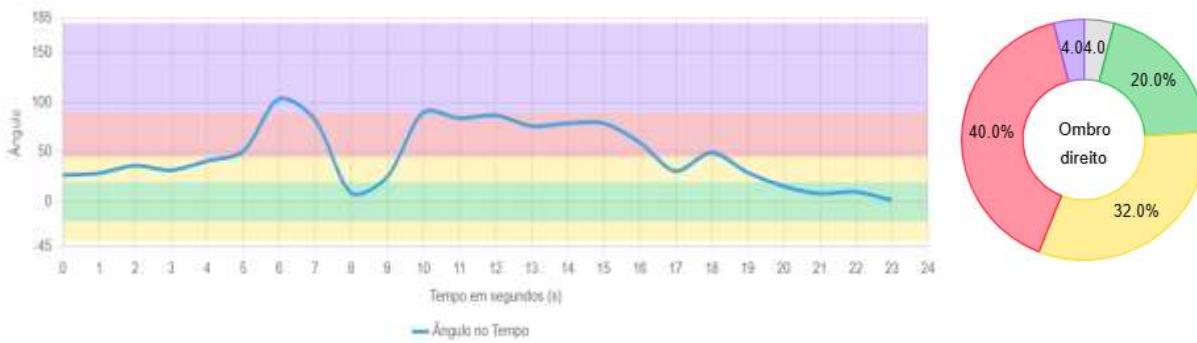
O gráfico do Kinebot, configurado para RULA mostra que o braço esquerdo se apresenta em condição aceitável, permanecendo em ângulos entre 0° e 20° durante a maior parte da atividade (56%), com momentos de elevação superiores a 90°. Por outro lado, no gráfico de REBA é mostrado que o braço esquerdo esteve em 40% de tempo de análise com ângulo superior a 60%.

Figura 49 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 50 – Operação com martelete: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), elevação do ombro acima de 60° não é recomendada por ser considerada posturas críticas (Penteado, 2024).

Os relatos dos serventes confirmam essa a possibilidade da existência de distúrbios osteomusculares ao citarem dores nos ombros e braços. Esses sintomas são compatíveis com o padrão de esforço identificado nas figuras, especialmente em função da sustentação simultânea dos braços e da vibração constante.

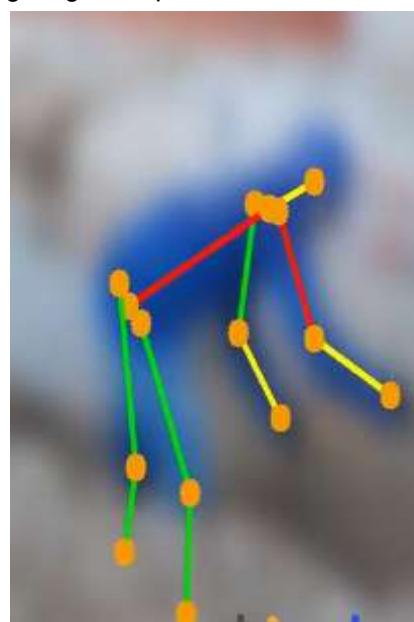
4.2.3 Tarefa 3: Escavar manualmente

A escavação manual é realizada para abertura de valas para colocação de tubos ou construção de blocos de concreto. A obra em questão possui valas com variação de profundidade de 0,50m a 3,80m. As ferramentas utilizadas são picareta, enxada, chibanca e pá (para remoção do material escavado).

A Figura 51 mostra servente escavando, e a Figura 52 corresponde a vídeo sob análise do Kinebot.

Figura 51 – Servente escavando vala

Fonte: Autor, 2025.

Figura 52 – Imagem gerada pelo Kinebot em escavação de vala

Fonte: Autor, 2025.

Analisando o vídeo do servente escavando manualmente, chegaram-se aos resultados apresentados na aplicação das ferramentas RULA e REBA, para o pescoço, conforme a Tabela 13.

As pontuações variaram entre 1 (faixa de 0 a 10° de flexão) e 4 (flexão acima de 20°), indicando momentos pontuais de sobrecarga postural associada à flexão excessiva do pescoço durante o uso de ferramentas como pá e enxada. A predominância de ângulos baixos (até 20°) mostra alternância postural moderada,

mas a ocorrência de valores acima desse limite confirma momentos críticos de esforço.

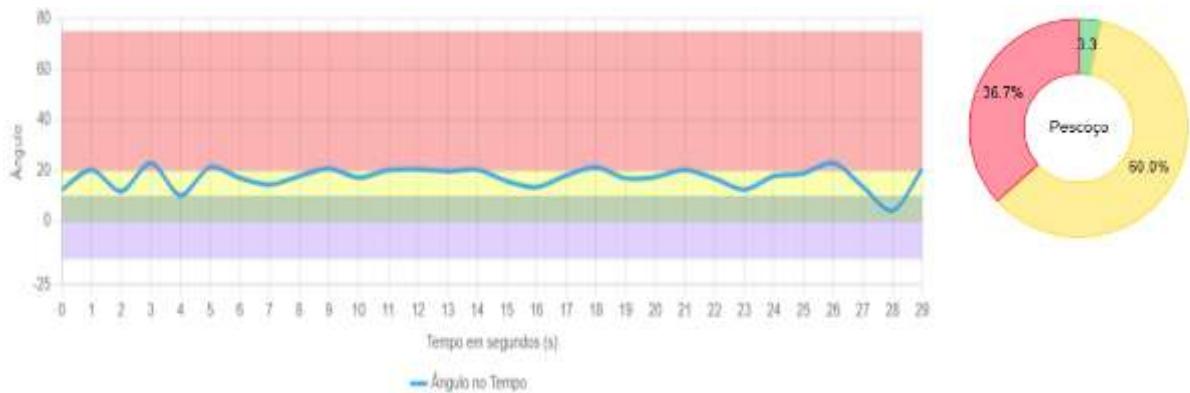
Tabela 13 – Escavação manual: Pontuações do pescoço

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	0 a 10	1	0 a 20	1
10	0 a 10	1	0 a 20	1
20	0 a 10	1	0 a 20	1
29	>20	4	>20	3

Fonte: Autor (2025)

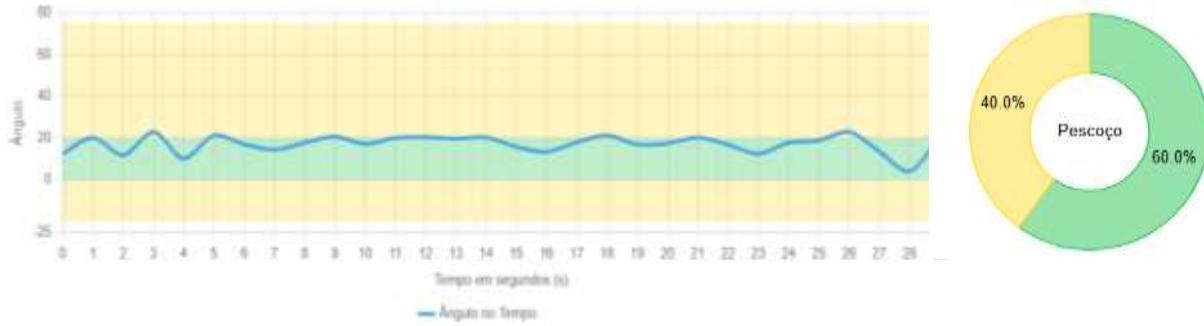
As Figuras 53 e 54 ilustram as avaliações cinemáticas do pescoço obtidos pelo Kinebot, configurado para as ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Observa-se que o software capturou variações angulares dinâmicas ao longo do tempo, revelando picos de flexão superiores a 20°, compatíveis com o esforço exigido durante a escavação.

Figura 53 – Escavação: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot.



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 54 – Escavação: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Os registros indicam uma exposição que eleva o risco de fadiga, conforme parâmetros da ABNT NBR ISO 11226 (2013), que define limites de tolerância para postura do segmento cervical.

O comportamento identificado pelo Kinebot reforça as análises obtidas manualmente: ainda que o movimento da cabeça ocorra dentro de faixas aceitáveis na maior parte do tempo, os momentos de maior flexão representam pontos críticos de risco ergonômico. Os relatos dos trabalhadores complementam essa evidência, com menções frequentes a dor no pescoço após o término da jornada, o que sugere correlação direta entre as posturas adotadas e a queixa de desconforto.

A Tabela 14 refere-se à pontuação do tronco durante a escavação manual, utilizando as ferramentas RULA e REBA.

As pontuações variaram entre 2 e 3 para ambas as ferramentas, indicando que o trabalhador manteve o tronco predominantemente entre 20° e 60° de flexão. Essa faixa de movimento caracteriza uma postura inclinada e sustentada, exigida pela natureza da tarefa, que envolve escavar e remover o solo com ferramentas manuais.

A semelhança das pontuações obtidas por RULA e REBA reforça a consistência das avaliações e evidencia que ambos as ferramentas captaram adequadamente a exposição ergonômica.

Tabela 14 – Escavação manual: Pontuações do tronco

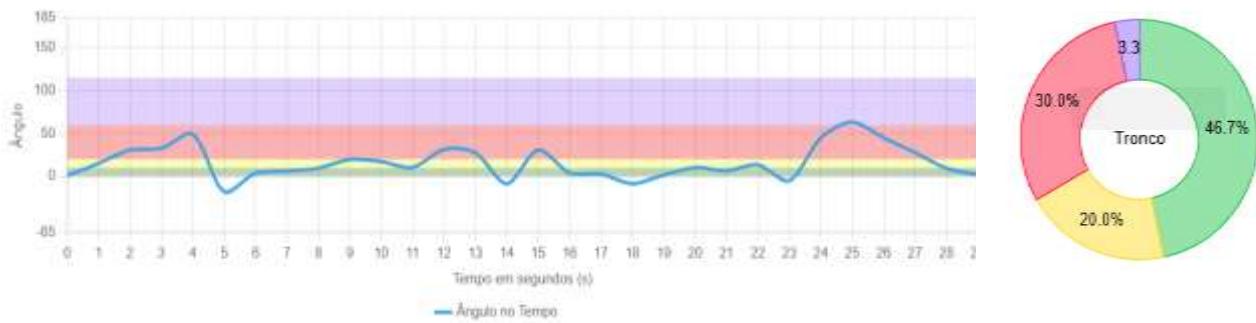
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	20 a 60	3	20 a 60	3
10	0 a 20	2	0 a 20	2
20	20 a 60	3	20 a 60	3
29	0 a 20	3	0 a 20	3

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 55 e 56 apresentam as análises cinemáticas geradas pelo Kinebot para o tronco.

Os gráficos mostram oscilações angulares contínuas, predominantemente dentro da faixa de 20° a 60°, o que confirma a flexão sustentada ao longo da tarefa. O software registrou picos de esforço inerentes à tarefa, em que há aplicação de força durante o ato de cavar, evidenciando a intensidade física e a baixa alternância postural da tarefa.

Figura 55 – Escavação: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 56 – Escavação: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Esses achados estão em conformidade com as recomendações da ABNT NBR ISO 11226(2013), que alerta para os efeitos cumulativos de posturas inclinadas do tronco sobre a coluna lombar. A repetição desses movimentos, associada ao peso das ferramentas, potencializa o risco de lesões musculoesqueléticas, especialmente lombalgias e fadiga crônica. Os relatos de dor lombar apresentados pelos serventes corroboram as observações do Kinebot.

A Tabela 15 apresenta as pontuações referentes ao antebraço direito na tarefa de escavação manual. Os resultados obtidos pelas ferramentas RULA e REBA variaram entre 1 e 2, o que indica que o antebraço se manteve majoritariamente entre 60° e 100° de flexão, considerada uma faixa de conforto segundo os parâmetros biomecânicos definidos pela ABNT NBR ISO 11226 (2013). Entretanto, foi observado momento pontual em que o ângulo ficou inferior a 60°, especialmente durante a fase de levantamento da chibanca do solo, o que elevou a pontuação para 2 sinalizando um esforço maior.

Tabela 15 – Escavação manual: Pontuações do antebraço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	60 a 100	1	60 a 100	1
10	60 a 100	1	60 a 100	1
20	<60	2	<60	2
29	60 a 100	1	60 a 100	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 57 e 58, obtidas pelo Kinebot, representam a avaliação cinemática do antebraço direito. A análise temporal demonstra momentos de redução do ângulo abaixo de 60°, associados a fases de maior esforço físico — especialmente quando o servente remove o material escavado.

Essas variações indicam que, embora a atividade apresente certa alternância de movimento, há episódios de sobrecarga muscular intermitente, principalmente quando o servente realiza o movimento de puxar material. Os dados de RULA e REBA mostram coerência entre si e reforçam que a tarefa impõe risco ergonômico para o segmento analisado.

Figura 57 – Escavação: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), a repetição desses movimentos em ciclos curto, pode gerar fadiga muscular acumulada se não houver pausas adequadas. Essa condição se reflete nos relatos de dor pelos serventes, reforçando o impacto da repetitividade. A análise automatizada do Kinebot complementa os métodos tradicionais ao evidenciar a frequência e o padrão temporal das posturas, permitindo identificar períodos críticos de esforço que poderiam passar despercebidos em uma observação manual.

A Tabela 16 apresenta os resultados referentes ao antebraço esquerdo durante a atividade de escavação manual. As pontuações variaram entre 1 e 2 tanto na ferramenta RULA quanto na REBA, com ângulos predominantes entre 60° e 100° de flexão, considerados posturas aceitáveis segundo a ABNT NBR ISO 11226:2013, que estabelece essa faixa como zona de conforto biomecânico para atividades que envolvem manipulação manual de ferramentas. Em alguns momentos, observou-se aumento angular acima de 100° e redução abaixo de 60°, o que elevou pontualmente a pontuação para 2, indicando um aumento de esforço postural.

As pontuações uniformes entre RULA e REBA demonstram convergência na identificação de exposição ergonômica, porém com potencial de agravamento quando mantida por longos períodos.

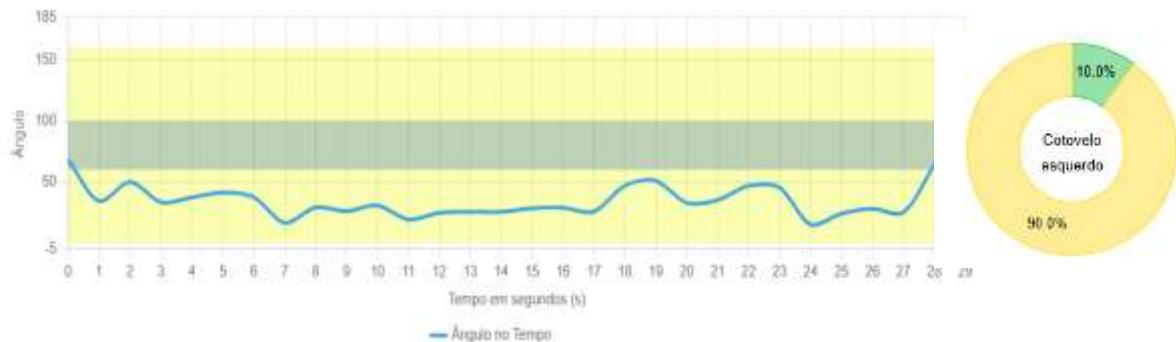
Tabela 16 – Escavação manual: Pontuações do antebraço esquerdo

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	60 a 100	1	60 a 100	1
10	60 a 100	1	60 a 100	1
20	< 60	2	< 60	2
29	>100	2	>100	2

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 59 e 60, correspondentes à análise cinemática do antebraço esquerdo no Kinebot, apresentam comportamento angular semelhante ao observado nos dados das ferramentas RULA e REBA. O sistema registrou movimentos 60° e 100°, e reduções abaixo de 60°. Esses padrões indicam alternância de movimento, mas com pouca variação postural ao longo do tempo, o que reforça a presença de sobrecarga repetitiva.

Figura 59 – Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 60 – Escavação: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), a execução de tarefas com frequência elevada, mesmo em faixas angulares aceitáveis, requer pausas ou revezamento para prevenir a fadiga localizada. O Kinebot evidenciou que o antebraço esquerdo atua de forma sincronizada e complementar ao direito, o que aumenta a exigência muscular bilateral. Essa característica ajuda a explicar os relatos de dor nos braços e ombros.

A Tabela 17 apresenta os resultados referentes ao braço direito durante a escavação manual. As pontuações de RULA e REBA variaram entre 1 e 3, com predominância de ângulos entre 45° e 90° de elevação. Essa faixa de movimentação

indica que o trabalhador realiza elevações repetidas do braço para manusear a chibanca, alternando entre fases de esforço.

As pontuações mais elevadas (3) refletem momentos de sustentação prolongada do braço em posição elevada, o que aumenta a carga estática sobre os músculos do ombro e do braço. Essa situação é coerente com os relatos de dor nos ombros e braços mencionados pelos serventes.

Tabela 17 – Escavação manual: Pontuações do braço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	45 a 90	3	45 a 90	3
10	45 a 90	3	45 a 90	3
20	45 a 90	3	45 a 90	3
29	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 61 e 62, geradas pelo Kinebot, mostram a análise cinemática do braço direito com base nos critérios de RULA e REBA. Os gráficos evidenciam movimentos amplos e repetitivos. O sistema também registrou momentos de elevação contínua, correspondentes aos períodos em que o servente sustenta o peso da ferramenta durante o golpe de escavação e remoção do solo.

Figura 61 – Escavação: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 62 – Escavação: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), a manutenção de ângulos superiores a 45° por períodos prolongados é considerada postura crítica, devendo ser evitada ou compensada com pausas frequentes, pois contribui para fadiga muscular dos ombros e membros superiores. O Kinebot demonstrou ainda baixa alternância postural e alta repetitividade, características que explicam as queixas de dor nos ombros e braços relatadas pelos serventes.

A Tabela 18 apresenta os resultados referentes ao braço esquerdo durante a escavação manual, com pontuações variando entre 1 e 2 nas ferramentas RULA e REBA. Os ângulos observados mantiveram-se predominantemente entre -20° e 20° , com momentos pontuais entre 20° e 45° , indicando uma postura próxima da neutralidade e de baixo esforço articular na maior parte do tempo. Segundo a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas que mantêm os braços próximos ao corpo e dentro dessa faixa angular são aceitáveis por períodos prolongados, desde que não envolvam cargas elevadas ou movimentos bruscos.

Apesar da baixa exigência postural observada, a repetitividade dos movimentos e a contração muscular contínua podem gerar fadiga e desconforto, sobretudo nos ombros e braços. Esse achado está de acordo com os relatos de dor e cansaço nos membros superiores citados pelos serventes, sugerindo que, mesmo em posturas neutras, a exposição prolongada e o ritmo de trabalho intenso favorecem o surgimento de sintomas musculoesqueléticos.

Tabela 18 – Escavação manual: Pontuações do braço esquerdo

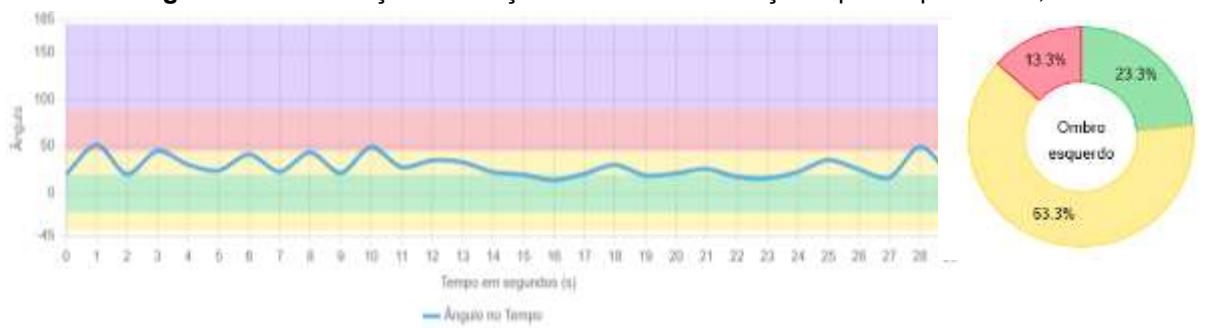
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	>- 20 a < 20	1	>- 20 a < 20	1
10	20 a 45	2	20 a 45	2
20	>- 20 a < 20	1	>- 20 a < 20	1
29	>- 20 a < 20	1	>- 20 a < 20	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 63 e 64, geradas pelo Kinebot, mostram o comportamento cinemático do braço esquerdo com base nas metodologias RULA e REBA. Os gráficos revelam movimentos predominantemente dentro da faixa neutra (-20° a 20°), com pequenas elevações ocasionais superiores a 45° . Essa constância angular evidencia pouca alternância de movimento, característica típica de tarefas repetitivas e de baixa variabilidade biomecânica.

Figura 63 – Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 64 – Escavação: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Conforme a ABNT NBR ISO 11226 (2013), mesmo posturas classificadas como aceitáveis podem se tornar críticas quando mantidas de forma estática ou repetitiva,

sem pausas adequadas. Essa análise é corroborada pelos relatos de dor nos ombros dos serventes.

4.2.4 Tarefa 4: Palear areia

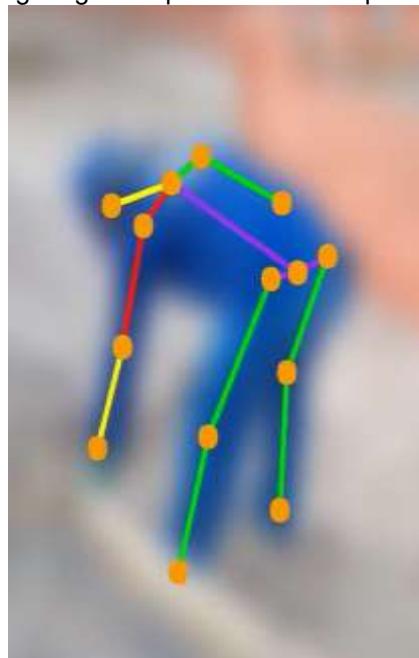
Palear areia consiste em remover a areia com uma pá de um lugar para a peneira. A tarefa é realizada por um Servente, enquanto outro peneira a areia. A areia, em seguida, é transportada até a betoneira.

A Figura 65 mostra servente paleando areia, enquanto a Figura 66 mostra servente sob análise do Kinebot.

Figura 65 – Servente paleando areia



Fonte: O Autor, 2025.

Figura 66 – Imagem gerada pelo Kinebot em paleamento de areia

Fonte: O Autor, 2025.

A Tabela 19 apresenta as pontuações obtidas na avaliação do pescoço durante a tarefa de paleamento de areia, utilizando as ferramentas RULA e REBA. As pontuações variaram de 2 a 4 no RULA e de 1 a 3 no REBA, correspondendo a ângulos entre 10° e acima de 20° de flexão. Esses resultados indicam que o trabalhador manteve o pescoço frequentemente inclinado à frente, especialmente durante o levantamento da pá e o despejo do material na peneira.

Tabela 19 – Paleamento de areia: Pontuações pescoço

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	10 a 20	2	0 a 20	1
10	10 a 20	3	0 a 20	2
18	> 20	4	> 20	3

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 67 e 68, obtidas pelo Kinebot, apresentam a avaliação cinemática do pescoço segundo os parâmetros das ferramentas RULA e REBA. Os gráficos demonstram oscilações angulares entre 10° e 20°, com pico de flexão superior a 20°.

A coerência entre os resultados de RULA, REBA e Kinebot confirma a validade da análise e demonstra que, embora o movimento do pescoço permaneça em faixas

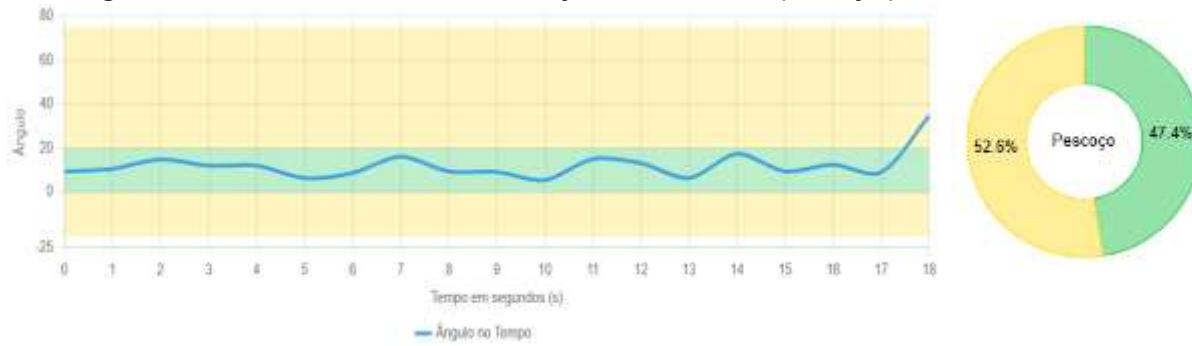
angulares consideradas aceitáveis por curtos períodos, a repetição e o ritmo intenso da tarefa elevam o risco de desconforto musculoesquelético no longo prazo.

Figura 67 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 68 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), a manutenção de posturas cervicais inclinadas acima de 20° por tempo prolongado aumenta o risco de fadiga muscular e microlesões. A repetição cíclica identificada pelo Kinebot evidencia a falta de variação postural e o predomínio de um padrão mecânico fixo, o que contribui para a sobrecarga região cervical. Os relatos de dor no pescoço entre os serventes corroboram esses achados.

A Tabela 20 apresenta os resultados referentes ao tronco durante o paleamento de areia, com pontuações constantes em 3 nas ferramentas RULA e REBA, associadas a ângulos de 20° a 60° de flexão, acrescidos de movimentos rotacionais durante a execução da tarefa. Essa combinação de flexão e rotação aumenta significativamente a carga biomecânica sobre a coluna lombar, conforme descrito na ABNT NBR ISO 11226 (2013), que considera essa postura crítica quando mantida por períodos prolongados.

Durante a atividade, o trabalhador realiza sucessivos ciclos de abaixar, girar o tronco e lançar a pá cheia em direção à peneira, o que gera movimentos torcionais repetitivos e assimetria corporal. A realização da tarefa exige esforço combinado dos músculos do tronco, elevando o risco de fadiga muscular localizada e de lesões lombares por esforço cumulativo. Os relatos de dor lombar dos serventes confirmam essa sobrecarga, indicando a influência da rotação repetida associada à flexão sustentada.

A Tabela 20 mostra os resultados obtidos da avaliação do tronco.

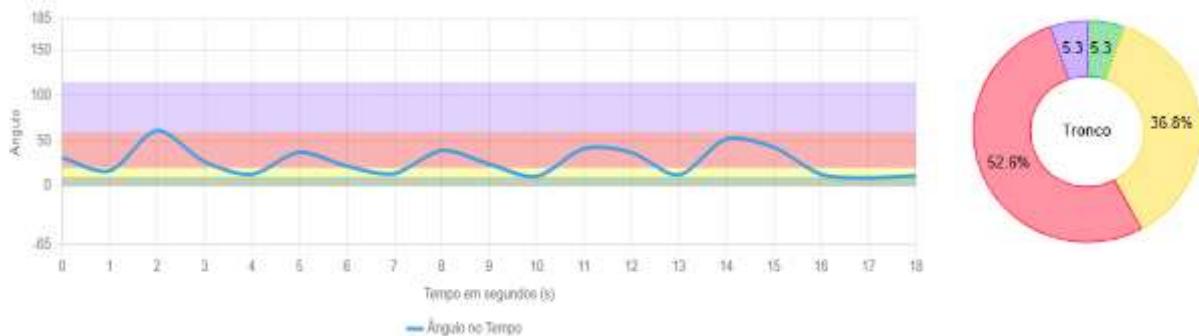
Tabela 20 – Paleamento de areia: Pontuações do tronco

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	20 a 60	3	20 a 60	3
10	0 a 20	3	0 a 20	3
18	0 a 20	3	0 a 20	3

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 69 e 70, geradas pelo Kinebot, ilustram a avaliação cinemática do tronco durante o paleamento de areia. Os gráficos mostram ângulos de flexão entre 20° e 60°. O Kinebot registrou ainda picos de rotação coincidentes com os momentos de maior aplicação de força, evidenciando que o gesto técnico do paleamento impõe não apenas esforço de levantamento, mas também de translação e torção, potencializando a compressão e o cisalhamento dos discos intervertebrais. Essa condição explica os relatos de dor lombar entre os serventes.

Figura 69 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

O servente executa movimentos combinados de flexão e rotação axial, o que, segundo a ABNT NBR ISO 11226 (2013), representa um dos fatores mais críticos para a saúde lombar, por envolver torque vertebral e esforços assimétricos repetidos.

A concordância entre as análises RULA, REBA e Kinebot demonstra que o movimento rotacional combinado à flexão é o principal fator de risco postural nessa tarefa.

A Tabela 21 apresenta os resultados referentes ao antebraço direito durante o paleamento de areia, com pontuações variando entre 1 e 2 nas ferramentas RULA e REBA, e ângulos observados predominantemente entre 60° e 100° de flexão. Esses valores indicam postura adequada à manipulação da pá, mas com momentos de esforço acentuado durante o levantamento e o lançamento da areia.

A ação repetitiva do antebraço direito favorece o aparecimento de fadiga muscular. Os relatos de dor reforçam essa condição, sugerindo o início de sobrecarga repetitiva típica de tarefas que envolvem movimentos de preensão e propulsão com alta frequência. A convergência das pontuações entre RULA e REBA confirma uma exposição ergonômica potencialmente crítica quando mantida por longos períodos sem pausas.

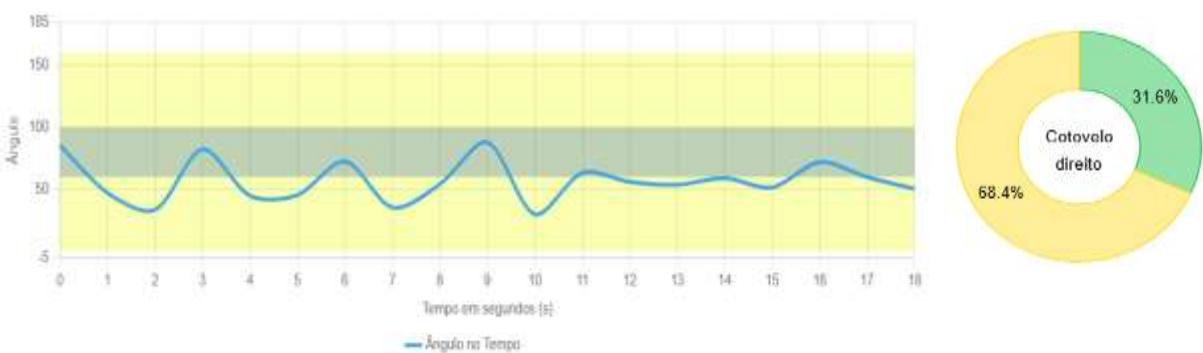
Tabela 21 – Paleamento de areia: Pontuações do antebraço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	60 a 100	1	60 a 100	1
10	60 a 100	2	60 a 100	1
18	60 a 100	2	60 a 100	1

Fonte: Autor (2025)

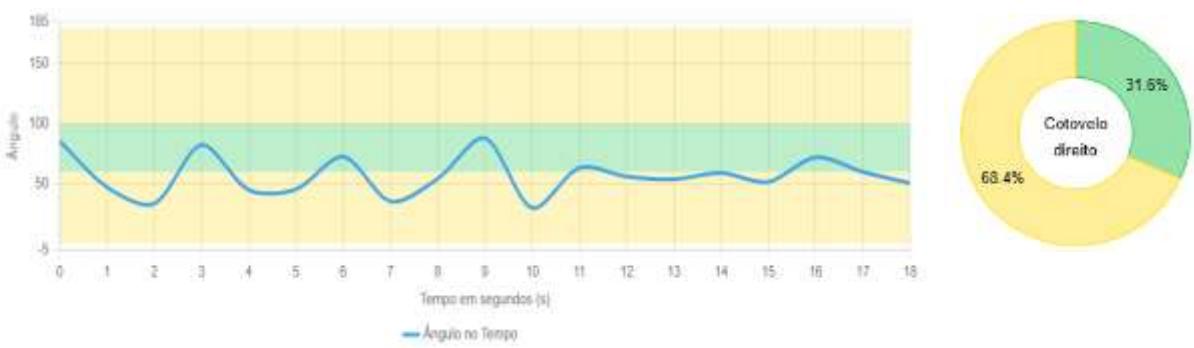
As Figuras 71 e 72, produzidas pelo Kinebot, apresentam a análise cinemática do antebraço direito segundo os critérios das ferramentas RULA e REBA. Os gráficos evidenciam movimentos repetitivos e cílicos entre 60° e 100.

Figura 71 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 72 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), a execução de movimentos rápidos e repetitivos do antebraço, especialmente quando associados à força manual e à rotação do corpo, representa condição crítica para o sistema musculoesquelético. A análise cinemática revela baixa alternância postural e elevada frequência de movimentos, fatores que favorecem o surgimento de fadiga precoce e desconforto nos músculos do antebraço.

A Tabela 22, referente ao antebraço esquerdo durante o paleamento de areia, apresenta pontuações idênticas nas ferramentas RULA e REBA, associadas a ângulos observados entre 0° e 60° de flexão. Esse resultado indica uma postura compatível com o movimento de suporte e estabilização da pá, enquanto o antebraço direito executa a maior parte do esforço.

Segundo a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas estáticas mantidas com flexões repetitivas do antebraço e movimentos unilaterais podem gerar fadiga

muscular localizada, especialmente quando há baixa alternância postural e repetição de movimentos em alta frequência. A manutenção prolongada dessa posição, combinada com o esforço do membro dominante, aumenta a sobrecarga biomecânica dos músculos do antebraço.

Os relatos de dor dos serventes reforçam essa interpretação, apontando desconforto em membros superiores.

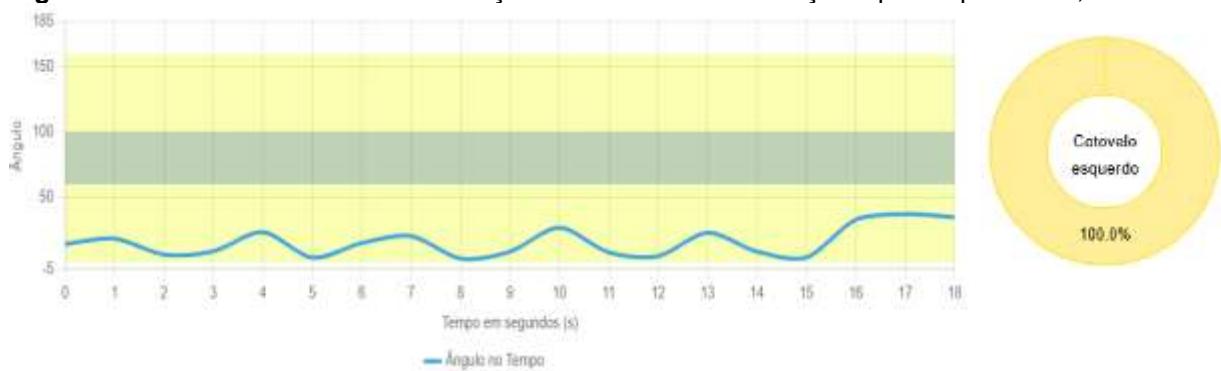
Tabela 22 – Paleamento de areia: Pontuações do antebraço esquerdo

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	0 a 60	2	0 a 60	2
10	0 a 60	2	0 a 60	2
18	0 a 60	2	0 a 60	2

Fonte: Autor (2025)

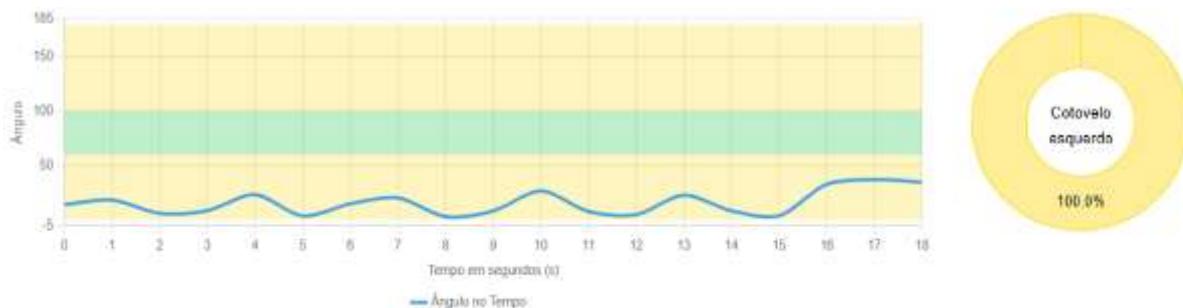
As Figuras 73 e 74, correspondentes à avaliação cinemática do antebraço esquerdo no paleamento de areia, mostram o comportamento angular do segmento durante a execução da tarefa, conforme análise do Kinebot. Observa-se um padrão de movimento repetitivo e cíclico, concentrado em amplitudes de 0° a 60° de flexão, reforçando a baixa variação angular ao longo do tempo, indicando reduzida alternância postural e, portanto, elevado risco de fadiga muscular localizada.

Figura 73 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 74 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), movimentos repetitivos e sustentados ser considerados aceitáveis quando há alternância postural adequada e pausas suficientes. No entanto, quando mantidos de forma contínua e combinados com movimentos assimétricos, como os observados nesta atividade, podem ocasionar sobrecarga nos músculos do antebraço. Tal condição está em consonância com os relatos de dor e desconforto nos membros superiores mencionados pelos serventes.

A Tabela 23, referente à avaliação do braço direito durante o paleamento de areia, apresenta pontuações constantes de 1 nas ferramentas RULA e REBA, com ângulos observados variando entre -20° e $+20^{\circ}$. Esses valores indicam uma postura próxima da neutra, sugerindo baixo nível de exigência postural.

Tabela 23 – Paleamento de areia: Pontuações do braço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	> -20 a < 20	1	0 a 20	1
10	> -20 a < 20	1	0 a 20	1
18	> -20 a < 20	1	0 a 20	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 75 e 76, correspondentes à avaliação cinemática do braço direito durante o paleamento de areia, mostram o comportamento angular do segmento conforme registrado pelo Kinebot configurado para uso das ferramentas RULA e REBA. Em ambas as representações, observa-se movimento predominantemente dentro da faixa neutra, entre -20° e $+20^{\circ}$, com variação mínima ao longo do tempo.

Figura 75 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 76 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas nessa faixa são consideradas aceitáveis, desde que não sejam mantidas de forma estática ou repetitiva por longos períodos.

Embora o esforço postural seja baixo, a repetitividade da tarefa e o tempo prolongado de execução sem pausas podem ocasionar fadiga muscular nos ombros e braços, especialmente devido à contração isométrica sustentada para controlar o peso e o direcionamento da pá. Esse achado é consistente com os relatos de dor e desconforto nos membros superiores apresentados pelos serventes.

A Tabela 24, referente à avaliação do braço esquerdo durante o paleamento de areia, apresenta pontuações variando entre 1 e 2 nas ferramentas RULA e REBA, associadas a ângulos observados entre -20° a 45° . Esses resultados indicam uma exposição postural que evidencia a participação complementar do braço esquerdo no movimento de manejo da pá, assumindo principalmente a função de apoio e estabilização durante o lançamento do material.

Tabela 24 – Paleamento de areia: Pontuações do braço esquerdo

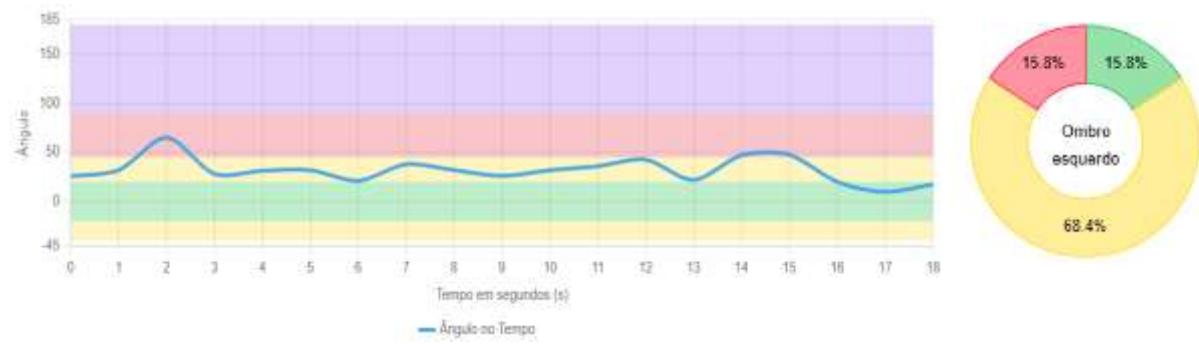
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	20 a 45	2	20 a 45	2
10	> -20 a < 20	2	> -20 a < 20	2
18	> -20 a < 20	1	> -20 a < 20	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 77 e 78, referentes à avaliação cinemática do braço esquerdo durante o paleamento de areia, apresentam os registros obtidos pelo Kinebot a partir dos parâmetros das ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Os gráficos demonstram uma amplitude angular predominante entre 20° e 45°, com oscilações pontuais próximas à neutralidade, indicando que o movimento é contínuo, repetitivo e de baixa amplitude, característico de ações de estabilização e sustentação da pá durante o lançamento da areia.

Figura 77 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 78 – Paleamento de areia: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Segundo a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas que envolvem elevação do braço acima de 20° por períodos repetitivos exigem atenção especial, pois, ainda que a amplitude seja moderada, o tempo de exposição e a ausência de pausas adequadas podem provocar fadiga muscular e desconforto na região do ombro.

A análise visual dos gráficos evidencia baixa alternância postural e ritmo repetitivo constante, o que está alinhado aos relatos de dor nos ombros e membros superiores mencionados pelos serventes.

4.2.5 Tarefa 5: Operar betoneira

Na betoneira é produzida a massa (cimento + areia + água) para assentamento de tijolos ou construção de elementos de concreto. Sua capacidade é de 400 litros e é operada por servente treinado.

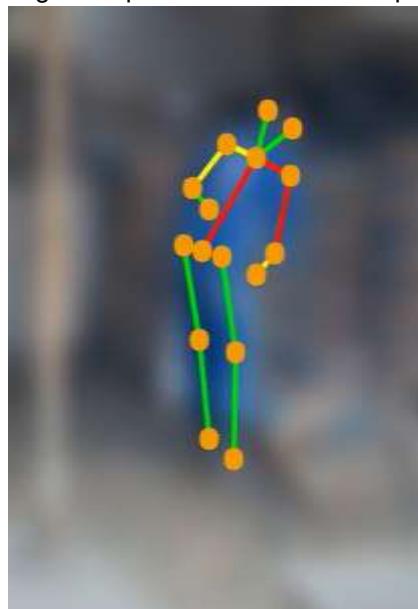
A tarefa do servente nessa operação consiste em alimentar o equipamento conforme demanda. O servente apanha e abre a embalagem de saco de cimento e coloca a quantidade pré-estabelecida (denominado “traço”) de cimento, água e areia na betoneira. Após, aproximadamente, 1,5 minutos, a betoneira é girada e a argamassa é derramada dentro de um carrinho de mão e transportada até o lugar onde será utilizada por outro servente.

A Figura 79 refere-se ao servente operando betoneira, enquanto a Figura 80 mostra servente sob análise do Kinebot.

Figura 79 – Servente apanhando saco de cimento



Fonte: Autor, 2025.

Figura 80 – Imagem gerada pelo Kinebot durante operação de betoneira

Fonte: Autor, 2025.

A Tabela 25, referente à avaliação do pescoço na operação com betoneira, apresenta pontuações 2 e 4 no método RULA e entre 1 e 3 no método REBA, estando as pontuações maiores associadas a ângulo de flexão superior a 20°. Esses resultados justificam-se devido à inclinação da cabeça do servente para observar o interior da betoneira ou posicionar o carrinho de mão para coleta da argamassa.

Tabela 25 – Operação com betoneira: Pontuações do pescoço

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	> 20	4	> 20	3
10	10 a 20	2	0 a 20	1
20	10 a 20	2	0 a 20	1
30	10 a 20	2	0 a 20	1
40	10 a 20	2	0 a 20	1
50	10 a 20	2	0 a 20	1
60	10 a 20	2	0 a 20	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 81 e 82, referentes à avaliação cinemática do pescoço durante a operação com betoneira, apresentam os registros obtidos pelo Kinebot configurado para utilização das ferramentas RULA e REBA, respectivamente. As análises mostram ângulos de flexão superiores a 20° em diversos momentos da tarefa, especialmente nas fases de abastecimento e monitoramento da mistura, quando o

servente precisa inclinar a cabeça para visualizar o interior da betoneira. Os gráficos também evidenciam uma baixa alternância postural e picos frequentes de flexão, o que sugere movimento repetitivo sem períodos adequados de recuperação.

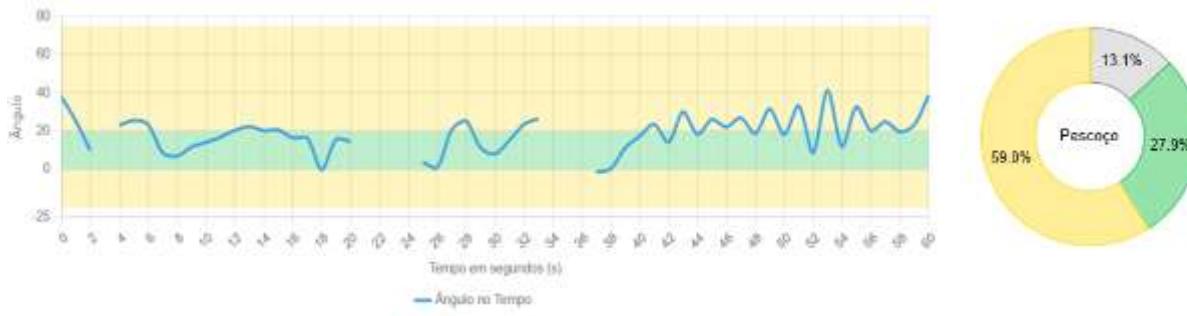
As lacunas existentes nos gráficos são indicam a presença de objetos que impedem o registro da postura pelo *software*.

Figura 81 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 82 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas com flexão cervical acima de 20° são aceitáveis apenas por curtos períodos, devendo ser evitadas quando mantidas de forma contínua ou associadas a tarefas visuais repetitivas. A norma destaca que, nessas condições, ocorre tensão estática nos músculos cervicais e trapézios, aumentando o risco de fadiga e dor musculoesquelética. Tal padrão de esforço está coerente com os relatos de dor feitos pelos serventes.

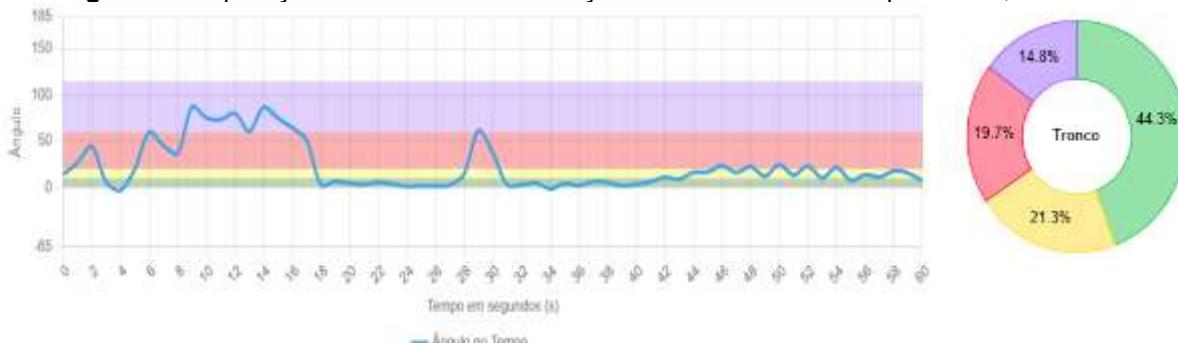
A Tabela 26, referente à avaliação do tronco durante a operação com betoneira, apresenta pontuações variando entre 2 e 4 nas ferramentas RULA e REBA, associadas a ângulos de flexão entre 20° e superiores a 60°, conforme os diferentes momentos da tarefa. Esses resultados períodos em que o trabalhador se inclina para abastecer o tambor da betoneira ou despejar o conteúdo no carrinho de mão.

Tabela 26 – Operação com betoneira: Pontuações do tronco

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	0 a 20	3	0 a 20	3
10	> 60	4	> 60	4
20	0 a 20	2	0 a 20	2
30	20 a 60	3	20 a 60	3
40	0 a 20	2	0 a 20	2
50	20 a 60	4	20 a 60	4
60	0 a 20	2	0 a 20	2

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 83 e 84, correspondentes à avaliação cinemática do tronco durante a operação com betoneira, apresentam os resultados obtidos pelo Kinebot com base nas ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Os gráficos revelam variações angulares significativas, com momentos de flexão acima de 60°, especialmente durante as fases de abastecimento da betoneira e descarga da argamassa no carrinho de mão. Esses movimentos exigem esforço considerável da região lombar e indicam alta exigência biomecânica associada à repetição e à ausência de pausas adequadas.

Figura 83– Operação com betoneira: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 84 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), a flexão do tronco superior a 20° é aceitável apenas de forma transitória, e valores acima de 60° são considerados não recomendados para tarefas contínuas, pois acarretam compressão intervertebral aumentada e fadiga dos músculos estabilizadores da coluna. Os resultados do Kinebot evidenciam padrão postural repetitivo e sustentado, sem alternância significativa, o que reforça o potencial de sobrecarga lombar. Os relatos de dor na região lombar e dorsal feitos pelos serventes confirmam a correspondência entre a análise objetiva e a percepção de dor.

A Tabela 27, referente à avaliação do antebraço direito durante a operação com betoneira, apresenta pontuações variando entre 1 e 2 nas ferramentas RULA e REBA, com ângulos de flexão entre 60° e 100° em determinados momentos da tarefa. Esses valores indicam uma exposição repetitiva, característica do movimento de alimentação e acionamento da betoneira, no qual o trabalhador realiza gestos de alcance e preensão para manusear sacos de cimento, areia e alavancas de controle.

Tabela 27 – Operação com betoneira: Pontuações do antebraço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	60 a 100	2	60 a 100	1
10	60 a 100	1	60 a 100	1
20	< 60	2	< 60	2
30	< 60	2	< 60	2
40	60 a 100	1	60 a 100	1
50	< 60	2	< 60	2
60	60 a 100	1	60 a 100	1

Fonte: Autor (2025)

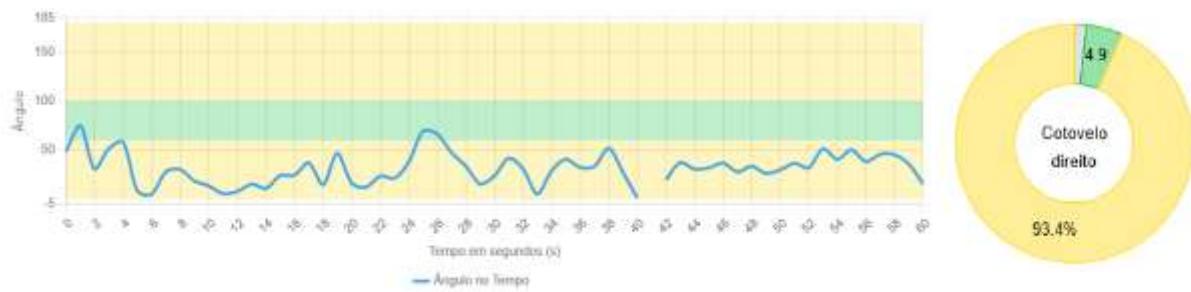
As Figuras 85 e 86, referentes à avaliação cinemática do antebraço direito durante a operação com betoneira, mostram os resultados obtidos pelo Kinebot, aplicando os critérios das ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Os gráficos evidenciam um padrão de movimento de flexão, alternando com breves retornos à posição neutra. Esse comportamento é inerente à tarefa, em que há abastecimento e controle da betoneira, nas quais o servente realiza movimentos cíclicos de alcance, preensão e elevação de cargas.

Figura 85 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 86 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas com flexões do antebraço acima de 60° são aceitáveis apenas se forem dinâmicas e intercaladas com períodos de repouso. Contudo, a repetição constante dos movimentos e a baixa alternância postural observadas nas figuras indicam uma exposição cumulativa, que pode resultar em sobrecarga dos músculos flexores e extensores e fadiga dos punhos e cotovelos.

Os resultados cinemáticos corroboram os achados das ferramentas RULA e REBA, que apontaram pontuações baixas, mas não desprezíveis, e também se alinham aos relatos de desconforto nos membros superiores fornecidos pelos serventes. O conjunto dos dados indica que, embora o nível de risco postural imediato seja baixo, o esforço repetitivo prolongado sem pausas adequadas representa um fator de risco ergonômico importante.

A Tabela 28, referente à avaliação do antebraço esquerdo durante a operação com betoneira, apresenta pontuações variando entre 1 e 2 nas ferramentas RULA e REBA, associadas a ângulos de flexão entre 60° e 100°, alternando com momentos de menor amplitude.

Tabela 28 – Operação com betoneira: Pontuações do antebraço esquerdo

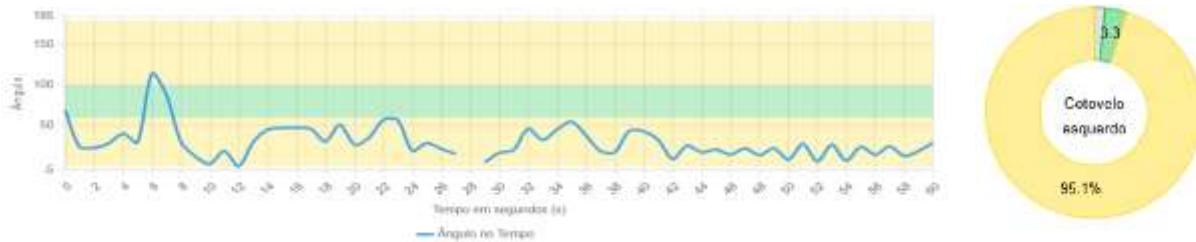
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	60 a 100	1	60 a 100	1
10	60 a 100	1	60 a 100	1
20	< 60	2	< 60	2
30	< 60	2	< 60	2
40	60 a 100	1	60 a 100	1
50	< 60	2	< 60	2
60	60 a 100	1	60 a 100	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 87 e 88, correspondentes à avaliação cinemática do antebraço esquerdo durante a operação com betoneira, apresentam os resultados obtidos pelo Kinebot configurado para as ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Os gráficos demonstram pouca variação angular, com repetições contínuas e baixa alternância postural.

Figura 87 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 88 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Segundo a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas que envolvem flexão de antebraço acima de 60° são consideradas aceitáveis apenas se forem dinâmicas e

breves, devendo ser evitadas quando mantidas por longos períodos ou repetidas de forma contínua. O padrão de movimentação observado sugere sobrecarga muscular localizada devido à repetição constante e à baixa alternância postural, fatores que favorecem o surgimento de fadiga e microlesões cumulativas nos músculos flexores e extensores.

Os relatos de dor nos antebraços e punhos feitos pelos serventes durante a operação reforçam a interpretação de sobrecarga cumulativa, mesmo em condições aparentemente leves. Assim, ainda que os valores das ferramentas indiquem baixo risco imediato, a natureza repetitiva e a ausência de pausas regulares tornam a tarefa ergonomicamente desfavorável.

A Tabela 29, referente à avaliação do braço direito durante a operação com betoneira, apresenta pontuações variando entre 1 e 3 nos métodos RULA e REBA, com ângulos observados entre -20° e 90° . O padrão de variação angular demonstra que o braço direito é o principal responsável por movimentos ativos de elevação e direcionamento, especialmente ao despejar cimento e acionar comandos do equipamento.

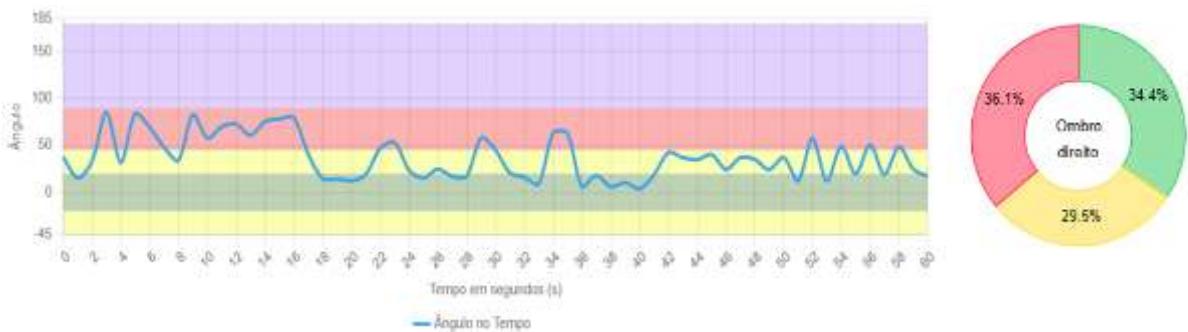
Tabela 29 – Operação com betoneira: Pontuações do braço direito

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	$> -20 \text{ a } < 20$	1	$> -20 \text{ a } < 20$	1
10	45 a 90	3	45 a 90	3
20	$> -20 \text{ a } < 20$	1	$> -20 \text{ a } < 20$	1
30	20 a 45	2	20 a 45	2
40	$> -20 \text{ a } < 20$	1	$> -20 \text{ a } < 20$	1
50	$> -20 \text{ a } < 20$	1	$> -20 \text{ a } < 20$	1
60	$> -20 \text{ a } < 20$	1	$> -20 \text{ a } < 20$	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 89 e 90, referentes à avaliação cinemática do braço direito durante a operação com betoneira, apresentam os resultados obtidos pelo Kinebot segundo os critérios das ferramentas RULA e REBA, respectivamente. As análises mostram que o movimento do braço direito ocorre predominantemente entre 0° e 100° , com picos de flexão moderada a alta durante o abastecimento da betoneira e o lançamento da argamassa no carrinho de mão.

Figura 89 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 90 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas com elevação do braço acima de 45° devem ser mantidas apenas por curtos períodos. Ainda que considerável parte do movimento se mantenha em faixa aceitável (até 20°), os picos registrados próximos de 90° elevam a exposição ao risco biomecânico, principalmente quando associados à repetição e à ausência de pausas.

Os relatos de dor nos ombros e nos membros superiores fornecidos pelos serventes confirmam os efeitos cumulativos da tarefa, indicando fadiga muscular ao final da jornada. Essa percepção está em consonância com os resultados da tabela, que, embora não expressem criticidade elevada, revelam movimentos repetitivos e sustentação de cargas leves a moderadas com o mesmo segmento corporal.

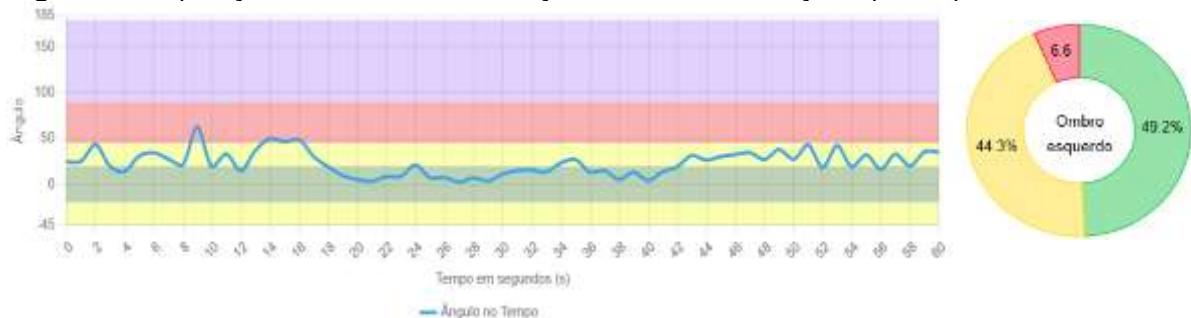
A Tabela 30, referente à avaliação do braço esquerdo durante a operação com betoneira, apresenta pontuações variando entre 1 e 3 nas ferramentas RULA e REBA, associadas a ângulos observados entre -20° e 45°. Esses resultados refletem a função de apoio e estabilização desempenhada pelo braço esquerdo durante o abastecimento e a descarga da betoneira. Enquanto o braço direito executa a maioria dos movimentos de alcance e manipulação ativa, o braço esquerdo contribui para manter o equilíbrio postural e sustentar cargas de forma contínua.

Tabela 30 – Operação com betoneira: Pontuações do braço esquerdo

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1
10	20 a 45	2	20 a 45	2
20	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1
30	20 a 45	2	20 a 45	2
40	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1
50	20 a 45	2	20 a 45	2
60	20 a 45	2	20 a 45	2

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 91 e 92, correspondentes à avaliação cinemática do braço esquerdo durante a operação com betoneira, apresentam os registros gerados pelo Kinebot, com base nos critérios das ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Os gráficos mostram um padrão de movimento predominantemente entre 0° e 45° de flexão, que acompanham o ritmo de abastecimento e descarga da betoneira. Conforme citado anteriormente, esse comportamento reflete a função de estabilização e suporte desempenhada pelo braço esquerdo, que auxilia no posicionamento e controle dos materiais.

Figura 91 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 92 – Operação com betoneira: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), posturas com o braço posicionado até 20° de elevação são consideradas aceitáveis, desde que não sejam mantidas de forma estática por longos períodos. Entretanto, elevações acima de 45°, mesmo que breves, aumentam a demanda muscular sobre deltoides e trapézios, especialmente quando associadas à repetitividade. Os resultados da Tabela 30 revelam que, embora a maior parte do tempo o braço esquerdo permaneça em postura neutra, há momentos de movimento repetitivo e sustentação de carga, configurando um potencial de fadiga leve ao longo da jornada.

A análise conjunta com os dados do Kinebot mostra boa correspondência entre as ferramentas, o que reforça a consistência dos resultados. Contudo, os relatos de dor e desconforto nos ombros apresentados pelos serventes indicam que o esforço cumulativo e a ausência de pausas ainda representam um fator de risco ergonômico relevante.

4.2.6 Tarefa 6: Limpar teto

A limpeza do teto consiste em revitalizar as cabaças dos tetos do piso 1 e piso 2 da obra. A revitalização é necessária para tapar buracos deixados após a retirada de chumbadores. A superfície é limpa e lixada. Em seguida é utilizado cimento para tapar os buracos.

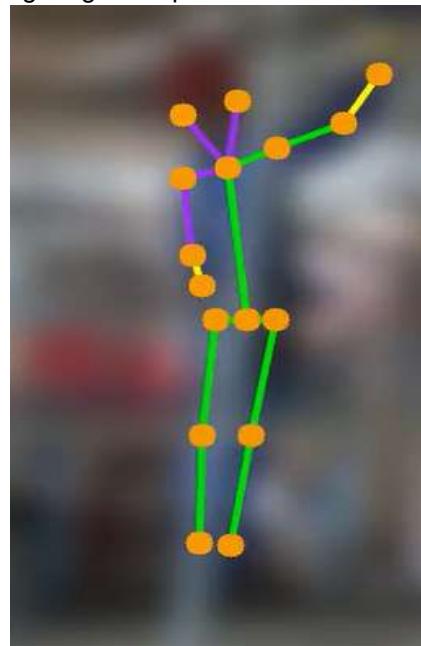
A Figura 93 mostra servente executando limpeza no teto, enquanto na Figura 94 o servente executa limpeza do teto sob a análise do Kinebot.

Figura 93 – Servente limpando o teto



Fonte: Autor, 2025.

Figura 94 – Imagem gerada pelo Kinebot durante limpeza de teto



Fonte: Autor, 2025.

A Tabela 31, referente à avaliação do pescoço durante a tarefa de limpeza de teto, apresenta pontuações variando entre 3 (REBA) e 5 (RULA), com ângulos de extensão cervical mantidos por longo período. Esses resultados evidenciam que o trabalhador mantém a cabeça inclinada para trás para alcançar a superfície superior, principalmente durante o uso de rolos, escovas ou panos na altura do teto.

Tabela 31 – Limpeza de teto: Pontuações do pescoço

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	Em extensão	5	Em extensão	3
10	Em extensão	5	Em extensão	3
20	Em extensão	5	Em extensão	3
30	Em extensão	5	Em extensão	3
32	Em extensão	5	Em extensão	3

Fonte: Autor (2025)

A Figuras 95, referente à avaliação cinemática do pescoço durante a limpeza de teto, apresenta os resultados obtidos pelo Kinebot configurado para uso da ferramenta RULA. O gráfico evidencia ângulos elevados de extensão cervical, frequentemente na faixa angular de 0° a 20°, correspondendo a 75,8% do tempo de execução da tarefa, indicando uma postura forçada e mantida por períodos prolongados. Essa condição reflete o esforço visual e físico exigido pela tarefa, em que o trabalhador precisa manter a cabeça inclinada para trás para alcançar a superfície superior e direcionar corretamente o movimento de limpeza.

Figura 95 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do pescoço por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

A Figuras 96, referente à avaliação cinemática do pescoço durante a limpeza de teto, apresenta os resultados obtidos pelo Kinebot configurado para uso da ferramenta REBA. O gráfico evidencia ângulos elevados de extensão cervical, frequentemente na faixa angular de 0° a 20°, correspondendo a 100% do tempo de execução da tarefa, indicando uma postura forçada e mantida por períodos prolongados.

Percebe-se que os resultados de RULA e REBA são divergentes devido às faixas de pontuação destas ferramentas serem diferentes.

Figura 96 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do pescoço por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

De todo modo, o pescoço em qualquer grau de extensão é considerado postura crítica (Penteado, 2024), não sendo recomendada a realização de tarefa sob essa condição (ABNT, 2013).

A análise conjunta com os dados do Kinebot mostra boa correspondência entre as ferramentas, o que reforça a consistência dos resultados e corrobora os relatos de dor no pescoço pelos serventes.

A Tabela 32, referente à avaliação do tronco durante a tarefa de limpeza de teto, apresenta, para ambas as ferramentas, pontuação predominante indicativa de postura neutra. Esses resultados evidenciam que o trabalhador mantém a tronco ereto para alcançar parte da superfície do teto.

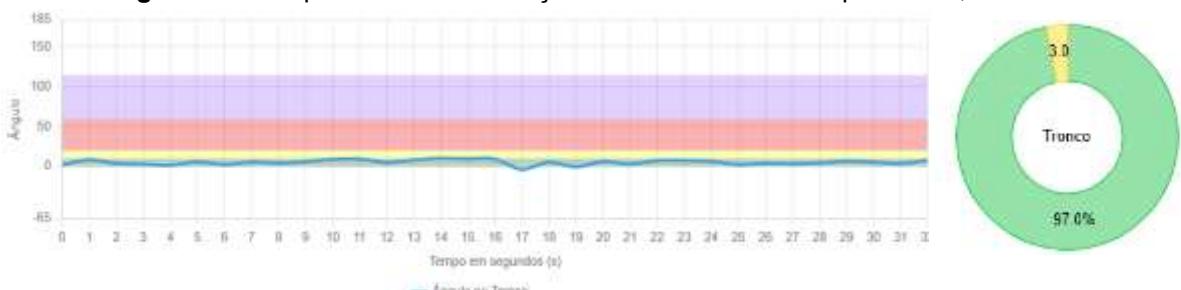
Tabela 32 – Limpeza de teto: Pontuações do tronco

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	0	1	0	1
10	0	1	0	1
20	0	1	0	1
30	0 a 20	3	0 a 20	3
32	0	1	0	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 97 e 98, correspondentes à avaliação cinemática do tronco durante a limpeza do teto, apresentam os resultados obtidos pelo Kinebot com base nas ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Os gráficos revelam variações angulares não significativas, com momentos de flexão de 0° a 10°, em 97% do tempo de realização da tarefa. Esses movimentos exigem não exigem esforço considerável da região lombar e indicam baixa exigência biomecânica.

Figura 97 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do tronco por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 98 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do tronco por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Embora a postura seja considerada aceitável (ABNT, 2013), os relatos de dor na lombar pelos serventes alertam sobre a manutenção da postura por longos períodos.

A Tabela 33, referente à avaliação do antebraço direito durante a limpeza do teto, apresenta pontuações semelhantes nas ferramentas RULA e REBA, associadas a ângulos de flexão entre <60°. Os resultados sugerem que o antebraço direito se mantém em posição constante durante a realização da tarefa.

Tabela 33 – Limpeza de teto: Pontuações do antebraço direito

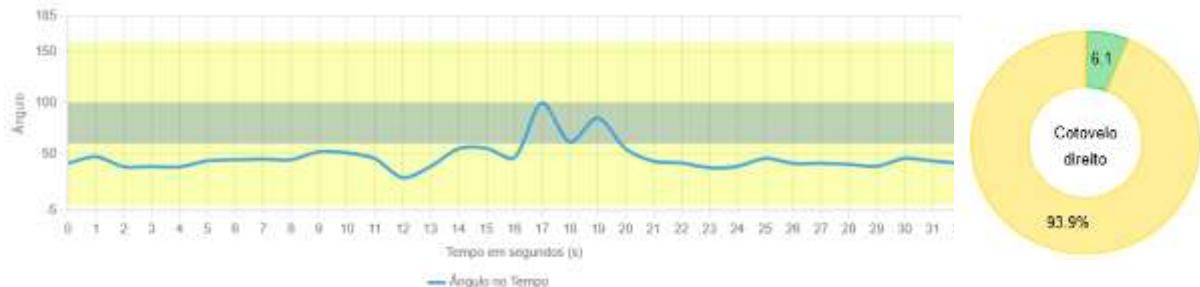
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	< 60	2	< 60	2
10	< 60	2	< 60	2
20	< 60	2	< 60	2
30	< 60	2	< 60	2
32	< 60	2	< 60	2

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 99 e 100, correspondentes à avaliação cinemática do antebraço direito durante a limpeza do teto, apresentam os resultados obtidos pelo Kinebot

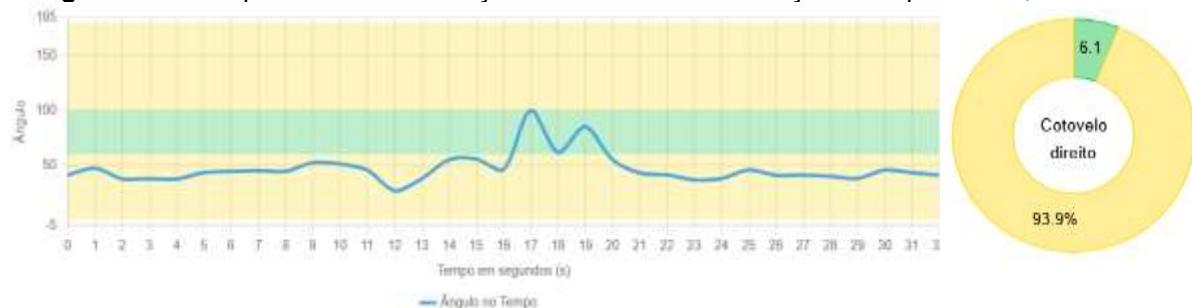
configurado para as ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Os gráficos demonstram que o antebraço direito esteve 93,9% do tempo da realização da tarefa fletido em ângulo <60°, com pico de flexão de 100° em um determinado momento justificado pela necessidade de alcançar pontos mais distantes no teto para limpá-lo.

Figura 99 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do antebraço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 100 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do antebraço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

A predominância de ângulos reduzidos indica postura predominantemente estática e mantida ao longo da execução da tarefa. De acordo com a ABNT NBR ISO 11226 (2013), flexões do antebraço inferiores a 60° são aceitáveis apenas se houver variação postural ou pausas regulares. Entretanto, a permanência prolongada nessa posição, observada nas figuras, caracteriza sobrecarga muscular estática nos músculos do antebraço, especialmente quando não há alternância com movimentos de repouso.

Os relatos de desconforto nos membros superiores, obtidos nos questionários aplicados aos serventes, corroboram os achados do Kinebot. A repetição de movimentos com pouca variação angular e a manutenção de posturas sustentadas acima do ombro favorecem fadiga e dor em antebraços, punhos e ombros, conforme Kroemer e Grandjean (2005) e Couto, Nicoletti e Lech (2007).

A Tabela 34 refere-se à avaliação do antebraço esquerdo durante a tarefa de limpeza do teto, com base nos métodos RULA e REBA. Os dados mostram predominância de ângulos de flexão inferiores a 60°, alternando em alguns momentos para faixas entre 60° e 100°, o que corresponde a pontuações 1 e 2 nas duas ferramentas. Essa variação limitada evidencia que o antebraço esquerdo permaneceu em postura estática durante grande parte da atividade, justificada por não ser o lado dominante.

Tabela 34 – Limpeza de teto: Pontuações do antebraço esquerdo

Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	< 60	2	< 60	2
10	< 60	2	< 60	2
20	60 a 100	1	60 a 100	1
30	< 60	2	< 60	2
32	60 a 100	1	60 a 100	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 101 e 102 representam a avaliação cinemática do antebraço esquerdo durante a tarefa de limpeza do teto, obtida por meio do Kinebot, configurado respectivamente para as ferramentas RULA e REBA. Os gráficos evidenciam que o antebraço esquerdo permaneceu, na maior parte do tempo (63,6%), em flexão inferior a 60°, com variações ocasionais para a faixa de 60° a 100°, condizentes com os resultados obtidos com as ferramentas RULA e REBA na modalidade física.

Figura 101 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 102 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do antebraço esquerdo por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Segundo a ABNT NBR ISO 11226 (2013), as posturas de flexão do antebraço são consideradas aceitáveis apenas quando mantidas por curtos períodos ou intercaladas com pausas de descanso. Assim, embora as Figuras 101 e 102 indiquem amplitudes predominantemente dentro de faixas aceitáveis, a duração e a constância da postura observadas durante a tarefa configuram uma exposição estática potencialmente prejudicial.

A Tabela 35, referente à avaliação do braço direito durante a limpeza do teto, apresenta pontuações 3 e 4 (RULA) e 4 e 5 (REBA), associadas a ângulos de flexão superiores a 90°. Os resultados sugerem que o braço direito se mantém em postura constante durante a realização da tarefa, justificada pela elevação do braço durante limpeza do teto, configurando uma condição biomecanicamente desfavorável e de alta exigência muscular.

Tabela 35 – Limpeza de teto: Pontuações do braço direito

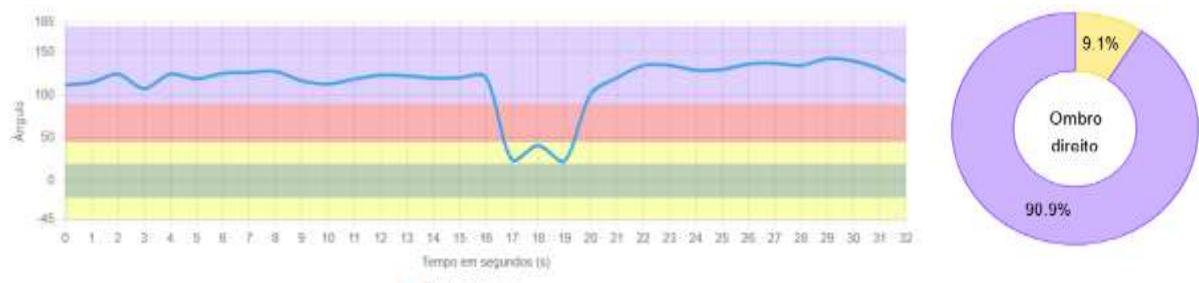
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	> 90	4	> 90	5
10	> 90	3	> 90	4
20	> 90	3	> 90	4
30	> 90	3	> 90	4
32	> 90	3	> 90	4

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 103 e 104 apresentam a avaliação cinemática do braço direito durante a tarefa de limpeza do teto, realizadas com o software Kinebot configurado para as ferramentas RULA e REBA, respectivamente. Os gráficos revelam que o braço direito permaneceu quase integralmente em posição elevada, com ângulos de flexão superiores a 90° durante todo quase todo período observado (90,9%), evidenciando uma postura estática de alta exigência biomecânica. Esse padrão de movimento

indica que o trabalhador manteve o membro superior elevado para alcançar e friccionar a superfície do teto, sem alternância postural, e que o braço direito é o dominante.

Figura 103 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do braço direito por RULA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 104 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do braço direito por REBA, no Kinebot



Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Iida e Guimarães (2016) destacam que tarefas realizadas com membros acima do nível dos ombros e com posturas estáticas favorecem o surgimento de distúrbios osteomusculares. Penteado (2024) cita que braços elevados acima dos ombros são considerados em posturas críticas. Assim, os relatos de dor nos ombros pelos serventes reforçam a análise e as citações dos autores supracitados.

A Tabela 36, referente à avaliação do braço esquerdo durante a limpeza do teto, apresenta pontuação 1 nas ferramentas RULA e REBA, associada a ângulos de flexão na faixa $>-20^\circ$ a $<20^\circ$. Os resultados sugerem que o braço esquerdo se mantém em postura constante durante a realização da tarefa, sugerindo braço não dominante.

Tabela 36 – Limpeza de teto: Pontuações do braço esquerdo

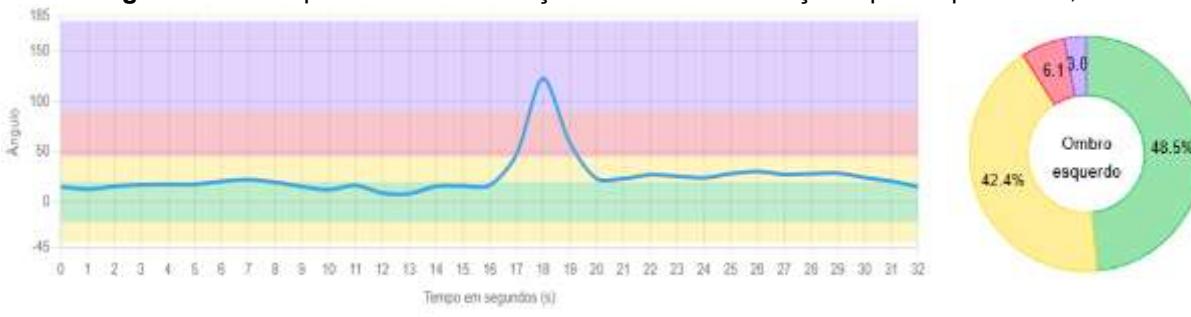
Tempo (segundos)	RULA		REBA	
	Ângulo observado (em graus)	Pontuação	Ângulo observado (em graus)	Pontuação
0	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1
10	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1
20	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1
30	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1
32	> - 20 a < 20	1	> - 20 a < 20	1

Fonte: Autor (2025)

As Figuras 105 e 106 representam a avaliação cinemática do braço esquerdo durante a tarefa de limpeza do teto, obtida por meio do software Kinebot, configurado para as ferramentas RULA e REBA. Os gráficos revelam que o braço esquerdo permaneceu a maior parte do tempo em ângulos inferiores a 20° (48,5%), com momentos de flexão superiores a 100°. Os resultados demonstram que o membro atuou predominantemente em posição neutra ou próxima da linha do tronco, sendo acionado apenas para apoio durante os movimentos de limpeza realizados pelo braço direito, que apresentou elevação contínua e maior esforço estático.

Figura 105 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do braço esquerdo por RULA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Figura 106 – Limpeza de teto: Avaliação cinemática do braço esquerdo por REBA, no Kinebot

Fonte: Print screen retirado de relatório do Kinebot

Posturas de braço com flexão inferior a 20° são consideradas aceitáveis, desde que não estejam associadas a esforço de sustentação de carga significativa ou à manutenção prolongada sem alternância (ABNT, 2013). A postura observada, embora dentro dos limites aceitáveis da norma, requer atenção quanto à duração da exposição e à falta de alternância postural.

Os relatos de desconforto nos ombros e pescoço apresentados pelos serventes confirmam a influência da manutenção de posturas estáticas, mesmo em ângulos reduzidos. O esforço do braço direito e a estabilização pelo braço esquerdo contribui para o desequilíbrio muscular e o surgimento de fadiga e dor, conforme descrito por Iida e Guimarães (2016) e Kroemer e Grandjean (2005).

A pesquisa evidenciou diferenças significativas quanto ao tempo de aplicação, à facilidade de uso e à profundidade de análise dos dados obtidos na avaliação postural de serventes da construção civil.

A aplicação das ferramentas tradicionais RULA e REBA (na forma física) demonstrou boa consistência entre si, sendo eficazes na identificação das posturas de risco, porém com maior demanda de tempo e julgamento técnico. Cada análise exigiu, em média, cerca de 26 minutos para ser concluída, devido à necessidade de observação minuciosa das posturas, registro manual e obtenção dos escores. Em contrapartida, o Kinebot, ferramenta baseada em IA, apresentou desempenho superior em agilidade e objetividade, reduzindo o tempo médio de aplicação para aproximadamente cinco minutos. O sistema processou automaticamente os dados capturados em vídeo e gerou gráficos cinemáticos de ângulo versus tempo, o que facilitou a visualização das variações posturais e eliminou etapas manuais propensas a erros humanos.

Os resultados obtidos pelas três ferramentas mostraram boa correlação, mas o Kinebot proporcionou uma compreensão mais detalhada da dinâmica postural. Durante a tarefa de escavação manual, por exemplo, o software identificou oscilações contínuas do tronco entre 20° e 60°, revelando uma flexão sustentada e baixa alternância postural (condição crítica segundo a ABNT NBR ISO 11226 (2013)). Situação semelhante foi observada na operação com martelete, em que o tronco permaneceu inclinado entre 0° e 20° durante mais de 80% do tempo de execução. Embora tais ângulos estejam dentro dos limites aceitáveis da norma, a baixa variação postural configurou esforço estático prolongado, o que explica os relatos de dor lombar entre os trabalhadores.

Os questionários aplicados aos serventes confirmaram as evidências ergonômicas encontradas, apontando dor nas regiões lombar, ombros e braços. Nas atividades de limpeza de teto, o antebraço direito permaneceu em flexão inferior a 60° durante 93,9% do tempo, caracterizando postura estática mantida, situação que a ABNT NBR ISO 11226 (2013) considera aceitável apenas quando há pausas ou alternância postural. Esse comportamento explica a incidência de dor relatada pelos serventes, corroborando as análises do Kinebot e as observações de Kroemer e Grandjean (2005) sobre sobrecargas decorrentes da manutenção prolongada de posturas.

De forma geral, a pesquisa demonstrou que as ferramentas RULA e REBA continuam sendo instrumentos válidos e amplamente aplicáveis à realidade dos canteiros de obras, porém dependem fortemente da experiência e da acuidade observacional do avaliador. Já o Kinebot mostrou-se uma alternativa tecnológica eficiente, capaz de fornecer resultados rápidos, objetivos e reproduzíveis, reduzindo o tempo de análise e oferecendo maior precisão na caracterização dos movimentos.

Os achados reforçam que a integração entre métodos tradicionais e ferramentas digitais representa o caminho mais promissor para a ergonomia contemporânea. Enquanto os métodos observacionais garantem a sensibilidade e o contexto interpretativo do avaliador, as ferramentas baseadas em IA ampliam a capacidade de diagnóstico e a confiabilidade das medições. Assim, o estudo confirma que a adoção de soluções digitais, aliada ao olhar crítico do ergonomista, contribui para intervenções mais eficazes, respeitando os limites definidos pela ABNT NBR ISO 11226 (2013) e favorecendo a prevenção de distúrbios osteomusculares e a melhoria das condições de trabalho na construção civil.

5 CONCLUSÃO

A presente pesquisa alcançou plenamente os objetivos propostos, ao comparar a eficiência do avaliador único na aplicação das ferramentas RULA, REBA e Kinebot na análise postural de serventes da construção civil. O estudo evidenciou que cada uma das ferramentas possui características próprias de aplicação e interpretação, mas todas contribuem de forma relevante para a identificação de riscos ergonômicos e para a promoção de melhores condições de trabalho.

O primeiro objetivo específico, de identificar as principais tarefas geradoras de desconforto físico, foi atingido através de entrevista com aplicação de questionário. O resultado apontou seis tarefas consideradas incômodas por parte do servente: transporte de material, escavação manual, operação com martelete, paleamento de areia, operação de betoneira e limpeza de teto. Essas tarefas se mostraram críticas por exigirem esforço físico contínuo e reduzida variação postural.

O segundo objetivo, referente à avaliação das posturas por meio das ferramentas RULA, REBA e Kinebot, também foi cumprido. As ferramentas observacionais tradicionais demonstraram coerência nos escores obtidos e confirmaram o risco ergonômico elevado em determinadas posturas. Por outro lado, o Kinebot, ao registrar dados de forma automatizada, revelou maior detalhamento e precisão temporal, permitindo visualizar o comportamento angular das articulações ao longo do tempo e facilitando a interpretação das sobrecargas musculares.

O terceiro e o quarto objetivos, que trataram da comparação do tempo e da facilidade de aplicação de cada ferramenta e da análise dos gráficos cinemáticos gerados pelo Kinebot, mostraram resultados contundentes. O tempo médio de aplicação do RULA e REBA foi de aproximadamente 26 minutos por tarefa, enquanto o Kinebot demandou cerca de 5 minutos, representando uma redução significativa no tempo total de análise. Além da agilidade, o Kinebot apresentou maior facilidade de uso e interpretação dos resultados, reduzindo a dependência de julgamentos subjetivos por parte do avaliador.

O quinto objetivo, de relacionar as queixas de dor relatadas pelos trabalhadores às regiões de maior sobrecarga, também foi alcançado. Os relatos de dor lombar, nos ombros e braços coincidiram com as posturas críticas identificadas pelas ferramentas, em conformidade com os critérios de aceitabilidade da ABNT NBR ISO 11226 (2013). Essa convergência reforça a confiabilidade das análises e evidencia a importância da

ergonomia física como instrumento de prevenção de Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT).

Por fim, o sexto objetivo, que consistia em discutir as vantagens e limitações de cada ferramenta sob a perspectiva do avaliador único, revelou que o uso combinado das abordagens tradicionais e digitais oferece resultados mais completos. Ressalta-se que embora as ferramentas RULA e REBA, na forma física, permaneçam como métodos consolidados e de baixo custo (fundamentais para análises qualitativas e contextualizadas), o Kinebot, ao incorporar a Inteligência Artificial e a visão computacional, promove a modernização da prática ergonômica ampliando a precisão e a reproduzibilidade das avaliações.

De modo geral, conclui-se que a integração entre métodos observacionais e ferramentas digitais potencializa a atuação do ergonomista, tornando as análises mais rápidas, objetivas e fundamentadas em dados cinemáticos reais.

De um lado, as ferramentas observacionais tradicionais, como o RULA e o REBA, são fundamentados em décadas de validação científica e oferecem uma compreensão contextual e qualitativa das posturas, movimentos e exigências biomecânicas das tarefas. Eles permitem que o avaliador considere fatores organizacionais, ambientais e humanos (aspectos que as ferramentas automatizadas ainda não interpretam integralmente). Além disso, essas ferramentas são acessíveis, aplicáveis em diversos contextos e favorecem o diálogo direto com os trabalhadores durante o processo de análise.

De outro lado, as ferramentas digitais, como o Kinebot, baseado em Inteligência Artificial e visão computacional, permitem uma quantificação objetiva das posturas, fornecendo medições contínuas e detalhadas de ângulo, tempo e movimento. Elas reduzem a subjetividade das avaliações e aumentam a reproduzibilidade dos resultados, além de oferecerem agilidade na coleta e processamento dos dados (fatores decisivos em contextos industriais e de construção civil, onde o tempo disponível para observações é limitado).

Ao serem utilizadas de forma integrada, essas abordagens se complementam. Enquanto os métodos observacionais garantem o contexto e a interpretação crítica, as ferramentas digitais oferecem dados cinemáticos precisos, que fortalecem a argumentação técnica e o embasamento das recomendações ergonômicas. Essa sinergia permite ao ergonomista realizar diagnósticos mais completos, detectar

microvariações posturais imperceptíveis a olho nu e propor soluções personalizadas baseadas em evidências concretas.

A aplicação da ABNT NBR ISO 11226 (2013) foi essencial para a interpretação dos resultados, servindo como referência para a avaliação da aceitabilidade postural e do tempo de exposição a ângulos críticos, principalmente através dos gráficos gerados pelo Kinebot quando são mostradas variações não perceptíveis ao olho humano.

Em síntese, o estudo reafirma que a tecnologia é uma aliada estratégica da ergonomia contemporânea, mas que o olhar crítico e contextual do ergonomista continua sendo insubstituível. A combinação entre experiência humana e recursos digitais representa o caminho mais promissor para o avanço das práticas ergonômicas e para a construção de ambientes de trabalho mais seguros, eficientes e humanizados.

Como recomendação, propõe-se o desenvolvimento de um “Caderno de Recomendações Ergonômicas para a Construção Civil”, a ser elaborado a partir dos resultados desta pesquisa. Esse material poderá reunir orientações práticas de melhoria postural, pausas, ajustes de ferramentas e técnicas de movimentação segura, contribuindo para a difusão do conhecimento ergonômico entre engenheiros, técnicos de segurança e gestores de obras. Sugere-se, ainda, a continuidade da pesquisa com uma amostra ampliada de trabalhadores e diferentes cargos da construção civil, de modo a consolidar uma base de dados nacional que subsidie políticas de prevenção e inovação tecnológica na ergonomia aplicada ao setor.

REFERÊNCIAS

- ABBAAGNANO, Nicola. **Dicionário de filosofia**. Tradução: BOSSI, Alfredo. 5. ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 11226:2013 – **Ergonomia: Avaliação de posturas estáticas de trabalho**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013. ISBN 978-85-07-04552-6. Disponível em: <https://www.normas.com.br/docviewer/?sig=Vki5UUVsMURuK1NXSzNTc0d3Y0d3eGk2L0cwUHIOcmdJbmsyMHhOYVI0YmNDZkRoaUxtYms5eFExOExHM3VFRWhPWmRqUkdVY0c2bWJ4UXdYK3MyTk9xMDF5c0pVa0J2N3cxcjJqQ1k1aFBpRU5OcXZkRmNXc0FzenJPZ2ZoQ2tPbU1VSWxoelVpGOHF4NnU2aFB3dzZObHhQTVo4MzliYUpVcFRhS0hsaU16VmUvSXM0Tnd2YVVGZnhmK3Q1RjNrLzRrYURXN1FGZWg3T0dONEFOeVF2OVkyMURRUmkzTk5yZnFEcWZ3M2tERmYwZ2V0Y2orTUC1MkltQnRqR2Izd3J5MzRSZkY0OEN0cUpOaTdBTjNRb2ZZK1RSeHIJNjZWbEE2RVZ0Z2FJV1k9&t=MDJBQTI5MUQtRTVGNS00REJCLUE4MUQtNDkzNUEzNjM5NDUz>. Acesso em: 13 out. 2025.
- ABRAHÃO, Júlia; SZNELWAR, Laerte; SILVINO, Alexandre; SARMET, Maurício; PINHO, Diana. Introdução à Ergonomia: da prática à teoria. São Paulo: Blucher, 2011.
- AHANGAR, Atefeh Siah; GHANBARI, Sahebeh; HAJIBABAEI, Majid; SAREMI, Mahnaz; AZADI, Narges; JAHANI, Fereshteh; POUR, Sanaz Karim; ABEDIN, Moslem; MOHAMMADPOUR, Hassan. 2019. **Inter-Rater Reliability of Ergonomic Risk Assessment Methods**. <https://doi.org/10.18502/aoh.v3i1.344>. Disponível em: <https://aoh.ssu.ac.ir/article-1-117-en.html>. Acesso em: 01 de maio 2024.
- AMARAL, Fernando Gonçalves. Ergonomia Física. In: ROCHA, Raoni; BAÚ, Lucy Mara (Orgs). **Dicionário de ergonomia e fatores humanos: o contexto brasileiro em 110 verbetes**. 1. ed. Rio de Janeiro: ABERGO, 2023, p. 137-139.
- ANTONALIA, Cláudio. **LER/DORT: Prejuízos sociais e fator multiplicador do custo Brasil**. São Paulo: LTr, 2008.
- BODEN, Margareth Ann. **Inteligência artificial: uma brevíssima introdução**. Tradução: Fernando Santos. São Paulo: Editora Unesp, 2020.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **Classificação Brasileira de Ocupações**. 2002. Brasília, DF. Disponível em: <http://www.mtecbo.gov.br/cbosite/pages/pesquisas/ResultadoFamiliaAtividades.jsf>. Acesso em: 19 maio 2024.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 17 - Ergonomia**. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022a. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-17-nr-17>. Acesso em: 10 maio 2024.
- BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 1 – Disposições Gerais e Gerenciamento de Riscos Ocupacionais**. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022b. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/comissao-tripartite-partitaria-permanente/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-17-nr-17>.

[br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-01](https://www.gov.br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-01). Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 6 – Equipamento de Proteção Individual – EPI**. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2022c. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-6>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2021a. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 18 – Condições de Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção**. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2021b. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-18>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. Ministério do Trabalho. **Norma Regulamentadora nº 35 – Trabalho em Altura**. Brasília: Ministério do Trabalho e Previdência, 2023. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/assuntos/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-35>. Acesso em: 10 jun. 2025.

BRASIL. MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **MTE inclui 19 novas ocupações na Classificação Brasileira de Ocupações**. 2024. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-emprego/pt-br/noticias-e-conteudo/2024/Junho/mte-inclui-19-novas-profissoes-na-classificacao-brasileira-de-ocupacoes>. Acesso em 08 out. 2024.

BROWNE R.C.; DARCUS H.D.; ROBERTS, C.G.; CONRAD, R.; EDHOLM O.G.; HICK, W.E.; FLOYD, W.F.; MORANT, G.M.; MOUND H.; MURREL, K.F.H.; RANDLE, T.P. **Ergonomics Research Society**. Br Med J. 1950 Apr 29;1(4660):1009. PMCID: PMC2037509. Disponível em: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC2037509/>. Acesso em: 03 maio 2025.

CAMISASSA, Mara Queiroga. **Segurança e saúde no trabalho: NRS 1 a 38 comentadas e descomplicadas**. 9. ed. Rio de Janeiro: Método, 2023.

CHAFFIN, Don B.; ANDERSSON, Gunnar B.J.; MARTIN, Bernard J. **Biomecânica Ocupacional**. Tradução: Fernanda Satiel Barbosa da Silva. Belo Horizonte: Ergo, 2011.

CHATTERJEE, Arifit; SAHU, Subhashis. *A physiological exploration on operational stance and occupational musculoskeletal problem manifestations amongst construction labourers of West Bengal, India. Jurnal of Back and Musculoskeletal Rehabilitation*, vol. 31, n.º 4, pp. 775-783, 2018. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/abs/10.3233/BMR-170935>. Acesso em: 15 maio 2025.

COLOMBINI, Daniela; OCCHIPINT, Enrico; FANTI, Michele. **Método OCRA para a análise e a prevenção do risco por movimentos repetitivos: manual para avaliação e a gestão do risco.** Curitiba: Edição do autor, 2014.

COUTO, Hudson de Araújo; NICOLETTI, Sérgio José; LECH, Osvandré. **Gerenciando a L.E.R. e os D.O.R.T. nos tempos atuais.** Belo Horizonte: ERGO Editora, 2007.

COUTO, Hudson de Araújo; COUTO, Dennis Carvalho. **Ergonomia 4.0: Dos Conceitos Básicos à 4ª Revolução Industrial.** Belo Horizonte: ERGO Editora, 2020.

CRESPO, Sérgio C. **Inteligência Artificial: conceitos e aplicações.** Universidade Federal Fluminense, 2017. Disponível em: https://www.professores.uff.br/screspo/wp-content/uploads/sites/127/2017/09/ia_intro.pdf. Acesso em: 15 maio 2025.

CUESTA, Alícia Piedrabuena; MOLINA, Carlos García.; REMESSAL, Alberto Ferreras. **Manual de ergonomía en la construcción.** Instituto de Biomecánica de València. València, 2015.

DEJOURS, Christophe. **A loucura do trabalho: estudo de psicopatologia do trabalho.** Tradução: Ana Isabel Paraguay; Lúcia Leal Ferreira. 6. ed. São Paulo: Cortez, 2015.

DIEGO-MAS, José Antônio; POVEDA-BAUTISTA, Rocio; ALCAIDE-MARZAL, Jorge. *Errors Using Observational Methods for ergonomics Assessment in Real Practice Human Factors. The Journal of the Human Factors and Ergonomics Society.* 59 (8): 1173-1187,2017. <https://doi.org/10.1177/0018720817723496>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/318974401_Errors_Using_Observational_Methods_for_Ergonomics_Assessment_in_Real_Practice. Acesso em 01 mai 2024.

DOS SANTOS, Eduardo Ferro. **Ergonomia e Novas Tecnologias.** Pindamonhangaba: Editora Virtuos, 2024.

DOS SANTOS, Naiara Silva; GONÇALVES, Luiz Marcos Garcia; BESERRA, Rafael. Estudo da Viabilidade da utilização do Kinect como ferramenta para análise postural em profissionais da área de Tecnologia da Informação. **Revista de Ciência da Computação, [S. I.]**, v. 2, n. 1, p. 28-34, 2020. DOI: 10.22481/recic. v2i1.6679. Disponível em: <https://periodicos2.uesb.br/index.php/recic/article/view/6679>. Acesso em: 14 out. 2024.

ESTRÁZULAS, Jansen Atier; SOBRAL JÚNIOR, Mário. **Ergonomia aplicada à indústria: planejamento e elaboração de AEP e AET.** Manaus: BiomechLab, 2024.

EYSENK, Michael William; EYSENK, Christine. **Inteligência artificial x humanos: o que a ciência cognitiva nos ensina ao colocar frente a frente à mente humana e a IA.** Tradução: Gisele Klein. Porto Alegre: Artmed, 2023.

FRANKL, Viktor E. **Em busca de sentido: um psicólogo no campo de concentração.** 45. ed. Petrópolis: Vozes, 2016.

GARCIA-GARCIA, M; SANCHEZ-LITE, A; CAMARGO, A.M; DOMINGO, R. *Análisis de métodos de valoración postural en las herramientas de simulación virtual para ingeniería de fabricación. Dyna rev.fac.nac. minas*, Medellín, v. 80, n. 181, p. 5-15, oct. 2013 Disponível em:

http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532013000500001&lng=es&nrm=iso. Acesso em: 15 set. 2024.

GIL, Antônio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 7. ed. São Paulo: Atlas, 2024.

GÓMEZ-GALÁN Marta; PÉREZ-ALONSO, José; CALLEJÓN-FERRE, Ángel-Jesús; LÓPEZ-MARTINEZ, Javier. *Musculoskeletal disorders: OWAS review. Industrial Health*. 2017b Aug 8;55(4):314-337. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/316843729_Musculoskeletal_disorders_O_WAS_review. Acesso em: 12 out. 2024.

GONÇALVES, Bráulio Carmo Ribeiro; SANTA ROSA, José Guilherme da Silva. ESG, Compliance e Ergonomia. In: BRITES, Elise; SOUZA, Nadialice Francischini de; BORGES, Sandra Rosa Vespasiano (Orgs.). **Governança, Compliance, Gestão de Riscos e Proteção de Dados**. Salvador: Mente Aberta, 2024. p. 68-83.

GUERÍN, François; LAVILLE, Antoine. DANIELLOU, François; DURAFOURG, Jacques; KERGUELEN, Alain. **Compreender o trabalho para transformá-lo: a prática da ergonomia**. Tradução: Gilliane M.J. Ingratta; Marcos Maffei. São Paulo: Blucher: Fundação Vanzolini, 2001.

GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. Ergonomia e fatores humanos: bases científicas. In: MÁSCULO, Francisco Soares; VIDAL, Mário César (Orgs.). Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente. Rio de Janeiro: Elsevier / ABEPROM, 2011. p. 111-131.

HIGNETT, Sue; McATAMNEY, Lynn. *Rapid entire body assessment (REBA)*. **Applied Ergonomics**, 31,201-205. Disponível em: <https://www-sciencedirect.ez16.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0003687099000393>. Acesso em: 10 maio 2024.

IIDA, Itiro.; GUIMARÃES, Lia Buarque de Macedo. **Ergonomia: projeto e produção**. 3. ed. São Paulo: Blucher, 2016.

IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Comissão Nacional de Classificação**. 2025. Disponível em: <https://concla.ibge.gov.br/busca-online-cnae.html?divisao=43&tipo=cnae&versao=1&view=divisao#:~:text=Estas%20atividad es%20incluem%20as%20instala%C3%A7%C3%B5es,elevadores%20e%20escadas%20rolantes%2C%20etc>. Acesso em: 17 maio 2025.

IEA. *INTERNATIONAL ERGONOMICS ASSOCIATION*. **What is Ergonomics?** Disponível em: <https://iea.cc/about/what-is-ergonomics/>. Acesso em: 03 maio 2025.

INSS. INSTITUTO NACIONAL DO SEGURO SOCIAL. **Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho**. 2022. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst/localidade/0?dimensao=prioritarias>. Acesso em: 27 maio 2024.

ISO. *INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION*. **ISO/TR 7015: Ergonomics — The application of ISO/TR 12295, ISO 11226, the ISO 11228 series and ISO/TR 23476 in the construction sector (civil construction)**. 2023. Disponível em: <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:tr:7015:ed-1:v1:en>. Acesso em: 17 maio 2025.

KEE, Dohyung. *Comparison of OWAS, RULA and REBA for assessing potential work-related musculoskeletal disorders*. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 83, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.ergon.2021.103140>. Disponível em: <https://www-sciencedirect-com.ez16.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0169814121000585?via%3Dihub>. Acesso em: 02 jul. 2024.

KIBRIA, Golam. *Ergonomic Analysis of Working Postures at a Construction site using RULA and REBA Method*. *Journal of Engineering Science*, 14(1), 43-52. <http://dx.doi.org/10.3329/jes.v14i1.67634>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/372456150_Ergonomic_Analysis_of_Working_Postures_at_a_Construction_Site_Using_Rula_and_Reba_Method. Acesso em 15 set. 2024.

KLEIN, Alison Alfred; LEGEY, Ângela Luiza Cunha; MOTTER, Arlete Ana; CASTRO, Estefani Santos; OKIMOTO, Maria Lúcia Leite. *Comparative study of RULA evaluations using Kinebot software*. *DAT Journal*, [S. I.], v. 7, n. 3, p. 161–172, 2022. doi: 10.29147/datjournal. v7i3.597. Disponível em: <https://datjournal.anhembi.br/dat/article/view/597>. Acesso em: 10 maio 2024.

KLEIN, Alison Alfred; LIMA, Rodrigo Araújo Fiúza; GRANDI, Leonardo Felipe; MARINHO, Cauê. **Kinebot: a inteligência artificial na ergonomia**. Curitiba: Kinebot, 2023. Livro eletrônico.

KLEIN, Alison Alfred. **Validação de um sistema de avaliação ergonômica utilizando visão computacional – Kinebot**. 2024. Tese (Doutorado em Design) – Universidade Federal do Paraná, Setor de Artes, Comunicação e Design, Curitiba, 2024.

KROEMER, K.H.E.; GRANDJEAN, E. **Manual de Ergonomia**. Tradução: Lia Buarque de Macedo Guimarães. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

KULKARNI, Vikram S.; DEVALKAR, R. V. (2018). *Postural analysis of Building construction Workers using ergonomics*. *International Journal of Construction Management*, 19(6), 464-471. <https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1080/15623599.2018.1452096>. Disponível em: <https://www-tandfonline-com.ez16.periodicos.capes.gov.br/doi/full/10.1080/15623599.2018.1452096#abstract>. Acesso em: 15 set. 2024.

LEE, Yu-Chi; HONG, Xinye; MAN, Siu Shing. *Prevalence and Associated Factors of Work-Related Musculoskeletal Disorders Symptoms among Construction Workers: A Cross-Sectional Study in South China*. In: *International Journal of Environmental Research and Public Health*. 2023; 20(5):4653. <https://doi.org/10.3390/ijerph20054653>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/1660-4601/20/5/4653>. Acesso em: 17 de maio 2025.

LEE, Kai-Fu. **Inteligência Artificial: como os robôs estão mudando o mundo, a forma como amamos, nos comunicamos e vivemos**. Rio de Janeiro: Globo Livros, 2019.

LOWE, Brian D.; DEMPSEY, Patrick G.; JONES, Evan M. *Ergonomics assessment methods used by ergonomics professionals*. *Applied Ergonomic*, 81 (2019).

<https://doi-org.ez16.periodicos.capes.gov.br/10.1016/j.apergo.2019.102882>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez16.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0003687019300730>. Acesso em: 02 maio 2024.

MAFRA, José Roberto Dourado. **Metodologia de Custo para a Ergonomia**. São Paulo, n. 42, p. 77-91, set/dez. 2006. <https://doi.org/10.1590/S1519-70772006000300007>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rcf/a/mN5rFbyNRcdFNCZZ9WrnCD/#:~:text=Essa%20metodologia%20abrange%20uma%20Estimativa,MAFRA%20e%20SILVA%2C%202001>). Acesso em: 02 jul. 2024.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Técnicas de pesquisa**. 9. ed. São Paulo: Atlas, 2025.

MARTINEZ, Miguel; AGUADO, Xavier. *La Ergonomía, otro campo de aplicación de la Biomecánica. Apunts. Educación Física y Desportes*, 24, 79-86, 1991. Disponível em: <https://revista-apunts.com/la-ergonomia-otro-campo-de-aplicacion-de-la-biomecanica/>. Acesso em: 07 set. 2024.

MÁSCULO, Francisco Soares. Biomecânica. In: MÁSCULO, Francisco Soares; VIDAL, Mário César. (Orgs.). In: **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier / ABEPROM, 2011a, p. 167-195.

MÁSCULO, Francisco Soares. Ferramentas de Ergonomia Física. In: MÁSCULO, Francisco Soares; VIDAL, Mário César. (Orgs.). In: **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier / ABEPROM, 2011b, p. 284-321.

McATAMNEY, Lynn; CORLETT, E. Nigel *RULA: Rapid upper limb assessment – A survey method for the investigation of work-related upper limb disorders*. **Applied Ergonomics**, 24:2, 91-99, 1993. Disponível em: <https://www.sciencedirect.ez16.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/000368709390080S>. Acesso em: 08 maio 2024.

MONTMOLLIN, Maurice de. *Introducción a la ergonomía: los sistemas hombres-máquinas*. Madrid: Aguilar: Madri, 1971.

MORAES, Anamaria de; SOARES, Marcelo Márcio. **Ergonomia no Brasil e no mundo: um quadro, uma fotografia**. Rio de Janeiro: Univerta/ABERGO, 1989.

MORALES, Gilson; RANDO JÚNIOR, André Meneghel. Redução do tempo de execução de alvenaria decorrente de intervenções ergonômicas. **REEC - Revista Eletrônica de Engenharia Civil**, Goiânia, v.12, n.3, 2016. Disponível em <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/37189>. Acesso em: 29 ago. 2024.

OGEDENGBE, Temitayo Samson; ADEBAYO, Emmanuel; OLAOYE, Olamidekan; AKINWUNMI, Abiodun. *Comparative study of the REBA and RULA assessment tools efficiency for workers tasks*. In: **INTERNATIONAL CONFERENCE ON MULTIDISCIPLINARY ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES – ICMEAS 2023**, 2., 2023, Abuja. Proceedings [...]. Abuja: ICMEAS, 2023. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/378527740>. Acesso em: 26 jul. 2025.

PENTEADO, José Marcelo de Oliveira. Os Riscos Biomecânicos. In: PENTEADO, José Marcelo de Oliveira (Org.). **Perícias em DORT do nexo ao dano corporal**. Leme: Mizuno, 2024. p. 107-115.

PEREIRA, Paulo Henrique; GARCIA, Marcos César. **Estatística Básica Usando Excel.** Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2016.

PETROSYAN, Tigran; DUNOYAN, Arayik; MKRTCHYAN, Hasmik. *Application of Motion Capture Systems in Ergonomic Analysis. Armenian Journal of Special Education*, v. 4, n. 2, p. 107-117, 22 fev. 2020. <https://doi.org/10.24234/se.2020.1.1.157>. Disponível em: <https://archiv.specedjournal.aspu.am/index.php/se/article/view/157>. Acesso: em 07 set. 2024.

RUSSELL, Stuart; NORVIG, Peter. **Artificial Intelligence: A Modern Approach**. 4. ed. London: Pearson, 2021.

SANTOS, Paulo Henrique Faleiro dos; BARROS, Vanessa Andrade de. A condição de servente na construção civil. (2011) **Cadernos de Psicologia Social do Trabalho**, 14(2), 241-262. <https://doi.org/10.11606/issn.1981-0490.v14i2p241-262>. Disponível em: <https://revistas.usp.br/cpst/article/view/25706>. Acesso em: 03 maio 2024.

SARDUY, Julio Rafael Gómez; YANES, José P. Monteagudo; RODRÍGUEZ, Manuel E. Granado; FERREIRA, Jorge L. Quiñones; TORRES, Judith Miranda. *Determining cement ball mill dosage by artificial intelligence tools aimed at reducing energy consumption and environmental impact. Ingeniería e Investigación*. Bogotá, v. 33, n.º 3, 49-54, 2013. <http://dx.doi.org/10.15446/ing.investig.v33n3.41043>. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/262737331_Determining_cement_ball_mill dosage_by_artificial_intelligence_tools_aimed_at_reducing_energy_consumption_a nd_environmental_impact#fullTextFileContent. Acesso em: 02 set. 2024.

SATO, Tatiana de Oliveira; LEE, Stefany; DE BARROS, Fernanda Cabegi; DE CASTRO, Cristiane Shinohara Moriguchi. *Effect of an ergonomic intervention involving workstation adjustments on musculoskeletal pain in office workers: A randomized controlled trial. Journal of Occupational Health*, [S.I.], v. 63, n. 1, e12223, 2021. Disponível em: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8010160/>. Acesso em: 17 maio 2025.

SHORROCK, Steven.T.; WILLIAMS, Claire A. *Human factors and ergonomics methods in practice: three fundamental constraints. Theoretical Issues in Ergonomics Science*. 17, 468-482, 2016. Disponível em: https://www.researchgate.net/deref/https%3A%2F%2Fdoi.org%2F10.1080%2F1463922X.2016.1155240?_tp=eyJjb250ZXh0Ijp7ImZpcnN0UGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicGFnZSI6InB1YmxpY2F0aW9uliwicG9zaXRpb24iOiJwYWdlQ29udGVudCJ9fQ. Acesso em: 22 ago. 2024.

SMITH, Brian Cantwell. **The promise of Artificial Intelligence: Reckoning and Judgement**. Cambridge: Editora The MIT Press, 2019.

STALL, Gustavo Henrique; CATAI, Rodrigo Eduardo; AMARILLA, Rosemara Santos Deniz; ALEKSEEV, Kirill. Avaliação Ergonômica na preparação de argamassas utilizando misturadores. **Fiep Bulletin - online**, [S. I.], v. 86, n. 1, 2016. Disponível em:

<https://ojs.fiebulletin.net/fiebulletin/article/view/86.a1.78>. Acesso em: 29 ago. 2024.

STANTON, Neville; HEDGE, Alan; BROOKHUIS, Karel; SALAS, Eduardo; HENDRICK, Hal (orgs.). **Manual de fatores e métodos ergonômicos**. Tradução: Samantha Stamatiu. 1. ed. São Paulo: Phorte, 2016.

STRADIOTO, Juliano Prado. **Análise ergonômica das sobrecargas biomecânicas nas diferentes fases da construção civil: um estudo em macrofases de obras prediais**. 2024. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção), Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2024.

TAULLI, Tom. **Introdução à Inteligência Artificial: uma abordagem não técnica**. PRATES, Rubes (ed.). Tradução: Luciana do Amaral Teixeira. 1. ed. São Paulo, Novatec, 2020.

TORRES, Miguel García Torres; MARTELO, Carlos Augusto Sánchez; DELGADO, Henry Leonardo Avendano; RODRÍGUEZ, Manuel Antonio Sierra; LORALES, Carlos Andrés Collazos; ARIAS Domingo Alírio Montano; CORREDOR, Breed Yeet Alfonso; MUNCA, José Daniel Rodríguez. **Fundamentos de Inteligencia Artificial**. Bogotá: Universidade Manuela Beltrán, 2018.

WANG, Jingluan; CHEN, Dengkai; SUN, Yiwei; ZHU, Mengya. *Risk assessment for musculoskeletal disorders bases on the characteristics of work posture. Automation in Construction*, vol. 131, n.º 5, 2021. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com.ez16.periodicos.capes.gov.br/science/article/pii/S0926580521003721?via%3Dihub>. Acesso em: 15 set. 2024.

WISNER, Alain. **Por dentro do trabalho: Ergonomia: Método e Técnica**. Tradução: Flora Maria Gomide Vezzá. São Paulo: FTD, 1987.

VIDAL, Mário César. Análise Ergonômica do Trabalho. In: MÁSCULO, Francisco Soares; VIDAL, Mário César (orgs.). **Ergonomia: Trabalho adequado e eficiente**. Rio de Janeiro: Elsevier / ABEPRO, 2011. p. 245-265.

VIEIRA, E. R.; KUMAR, S. **Working postures: a literature review. Journal of Occupational Rehabilitation**, [S.I.], v. 14, n. 2, p. 143–159, 2004. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15074366/>. Acesso em: 26 jul. 2025.

ZANON, Paulo Henrique; VERGARA, Lizandra Garcia Lupi; KLEIN, Alison; NUNES, Tamires Fernanda Barbosa; TEIXEIRA, Juliana Schmidt. Análise Ergonômica da Construção Civil: Atividade de reboco interno de pavimentos residenciais. In: **Anais do Congresso Brasileiro de Ergonomia da ABERGO**. Anais...São José dos Campos (SP) Parque Tecnológico de São José dos Campos, 2022. Disponível em: <https://www.even3.com.br/anais/abergo2022/529478-ANALISE-ERGONOMIA-NA-CONSTRUCAO-CIVIL-ATIVIDADE-DE-REBOCO-INTERNO-DE-PAVIMENTOS-RESIDENCIAIS>. Acesso em: 29 ago. 2024.

APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO DA EMPRESA

Questionário para levantamento de dados da empresa

1. Quanto tempo a empresa atua no mercado?

2. Que tipo de produto a empresa fornece para o mercado?

3. A empresa possui alguma certificação? Qual (is)?

4. Os Serventes recebem algum treinamento para execução das tarefas?

5. Os Serventes são celetistas?

6. Há casos de afastamentos e faltas de Servente relacionados ao trabalho nos últimos 12 meses? Quantos? Qual (is) motivo (s)?

7. Existem procedimentos padrão para tarefas de Servente?

8. Quem verifica a qualidade das tarefas executadas pelos Serventes?

APÊNDICE B – QUESTIONÁRIO DO TRABALHADOR

Questionário para levantamento de dados do Servente

1.Dados do Servente

Idade?

Escolaridade?

Tempo de experiência no cargo?

Tempo na empresa atual?

Lateralidade (Destro ou Canhoto)?

2.Dados da Atividade

Quais são as tarefas realizadas?

Qual tarefa considera mais incômoda?

Quais ferramentas são utilizadas?

3.Horas de trabalho?

4.Dias de trabalho na semana?

5.Tempo para pausas? Quais?

6.Realiza horas extras?

7.Quem delega as tarefas?

8.Como as tabelas são delegadas? Verbalmente ou escritas?

9.Sente dores após a jornada de trabalho?

10.Em qual (is) parte (s) do corpo sente dor?

11.Há quanto tempo sente dor na parte do corpo descrita?

12.Como classifica a intensidade da dor? Leve? Moderada? Forte?

13.A dor aumenta com o trabalho?

14.A dor cessa com repouso?

APÊNDICE C – CARTA DE ANUÊNCIA DA EMPRESA



Certificado
NBR ISO 9001



Recib., 13 de novembro de 2024

CARTA DE ANUÊNCIA

Declaramos que a empresa HBR Engenharia Ltda está de acordo com a condução do projeto de pesquisa **Análise Comparativa de Resultados Obtidos da Avaliação Postural de Servente da Construção Civil utilizando os Métodos RULA, REBA e Kinebot (ferramenta baseada em Inteligência Artificial)** como parte do curso de Mestrado Profissional em Ergonomia da Universidade Federal de Pernambuco, do pesquisador Bráulio Camilo Ribeiro Gonçalves, sob orientação do Professor Doutor José Guilherme da Silva Santa Rosa, docente colaborador do Programa de Pós Graduação em Ergonomia da Universidade Federal de Pernambuco, nas dependências da obra ora denominada Parque Gourmet, tão logo o projeto seja aprovado pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco.

Estamos cientes que os participantes da pesquisa serão o responsável pela empresa e os Serventes, homens, devidamente registrados com Carteira de Trabalho e Previdência (CTPS) assinada pelo empregador e que assinaram o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido. Da mesma forma, estamos cientes que não participarão da pesquisa os que estão afastados sob atestado médico e aqueles que estão em período de experiência.

Do mesmo modo, estamos cientes que os pesquisadores somente poderão iniciar a pesquisa pretendida após encaminharem, a esta empresa, uma via de parecer de aprovação do estudo emitido pelo Comitê de Ética em Pesquisa em Seres Humanos da Universidade Federal de Pernambuco.

Atenciosamente,


Responsável Legal da Empresa

APÊNDICE D – CERTIFICADO ISO 9001:2105

CERTIFICADO

Sistema de gestão para
ISO 9001 : 2015

O organismo de certificação TÜV NORD Brasil confirma por este meio e em resultado da auditoria, avaliação e decisão de certificação de acordo com a norma ISO/IEC 17021-1:2015, que a organização

HBR Engenharia Ltda
Oscar Berardo, 42 - Prado
50751-020 - Recife - PE -
Brasil

opera um sistema de gestão em conformidade com os requisitos da norma ISO 9001 - 2015 e que durante o período de vigência de 3 anos será monitorada quanto à conformidade.

Seguinte escopo

Execução de obras de edificações.

Número do registro do certificado TNBR-27504
Relatório da auditoria - OS 22457

Fim da validade do certificado anterior: 07/06/2024
Válido de: 26/06/2024

Válido até: 07/06/2027

Certificação Inicial: 2009

Reginaldo Maia
Diretor Presidente



Barueri, 26/06/2024

A validade desse certificado está sujeita ao atendimento satisfatório e contínuo pela empresa das condições estabelecidas no contrato de certificação.
Este certificado permite o registro na relação de empresas certificadas do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade.

TÜV NORD Brasil Avaliações da Qualidade Ltda. Al. Madeira, 222 – 3º Andar – 08454-010 – Barueri – SP. tuv-nord.com.br



APÊNDICE E – CERTIFICADO PBQP-H

TÜVNORD

C E R T I F I C A D O

Sistema de gestão para
SIAC 2021/PBQP-H - NÍVEL A
 Portaria N° 75 de 14/01/2021 (Base ISO 9001:2015)

O organismo de certificação TÜV NORD Brasil confirma por este meio e em resultado da auditoria, avaliação e decisão de certificação de acordo com a norma ISO/IEC 17021-1:2016, que a organização

HBR Engenharia Ltda
 CNPJ: 05.547.417/0001-92
 Oscar Berardo, 42 - Prado
 50751-020 - Recife - PE - Brasil

com os locais de acordo com o anexo

opera um sistema de gestão em conformidade com os requisitos da norma acima e que durante o período de validade de 3 anos será monitorada quanto à conformidade.

Seguinte escopo

Execução de obras de edificações.
Subsetor - obras de edificações.

Número do registro do certificado TNBR-27503
 Relatório da auditoria - OS 22457

Fim da validade do certificado anterior: 07/06/2024
 Válido de 26/06/2024
 Válido até 07/06/2027
 Certificação Inicial 2012


 Reginaldo Maia
 Diretor Presidente

Barueri, 26/06/2024



A validade deste certificado está sujeita ao atendimento satisfatório e contínuo pela empresa das condições estabelecidas no contrato de certificação.
 Este certificado permite o registro na relação de empresas certificadas do Sistema Brasileiro de Avaliação da Conformidade.

TÜV NORD Brasil Avaliações da Qualidade Ltda. Al. Madeira, 222 – 3º Andar – 06454-010 – Barueri – SP. tuv-nord.com.br



APÊNDICE F – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DA EMPRESA



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o Sr. para participar como voluntário da pesquisa **Análise Comparativa de Resultados Obtidos da Avaliação Postural de Servente da Construção Civil utilizando os Métodos RULA, REBA e Kinebot (ferramenta baseada em Inteligência Artificial)**, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador **Bráulio Carmo Ribeiro Gonçalves**, residente na rua Sargento Silvino de Macedo, n.155, Ap. 701 B, CEP 51.160-060, bairro Imbiribeira, na cidade Recife, Estado de Pernambuco, de telefone (81) 98566-4248 e e-mail braulior77@gmail.com.

Também participa o Orientador **Professor Doutor José Guilherme da Silva Santa Rosa**, docente colaborador do Programa de Pós-graduação em Ergonomia da Universidade Federal de Pernambuco, de telefone (84) 99137-1747 e e-mail jguilhermesantarosa@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O senhor estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

O objetivo desta pesquisa é observar e avaliar a postura do Servente durante a realização do trabalho. A observação e análise se darão através de resposta de questionário aplicado sobre sua atividade e realização de registros fotográficos e de vídeos durante a execução de suas tarefas. Também serão utilizadas informações sobre a empresa, prestadas pelo responsável legal pela empresa.

Após aprovação da pesquisa pelo Comitê de Ética será realizada uma reunião presencial com representante legal da empresa, em sua sala, localizada na área de vivência

do canteiro de obra, para discussão quanto à detalhes da pesquisa a ser realizada. Em seguida, ainda na sua sala, será submetido à aplicação de questionário de forma presencial.

Para a realização da pesquisa serão obedecidos todos os preceitos estabelecidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

A pesquisa apresenta os seguintes Riscos e Benefícios para o responsável legal da empresa:

- Riscos: revelação de condições inadequadas de trabalho; queda de produtividade no canteiro de obras devido à realização da pesquisa, exposição de dados sensíveis, baixo engajamento dos Serventes, risco de quebra de sigilo de dados; estigmatização a partir da divulgação dos resultados e violação de privacidade.

Os riscos serão minimizados através de formalização através de Carta de Anuência da Empresa, orientação clara ao participante sobre participação voluntária, com garantia que ele pode interromper a qualquer momento, através de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do Responsável Legal do Representante Legal da Empresa, coordenação da participação dos Serventes de forma a não interferir no cronograma da obra.

- Benefícios: identificação e correção de constrangimentos ergonômicos, fortalecimento da imagem da empresa junto aos trabalhadores, melhoria da produtividade dos trabalhadores, possibilidade de implantação de programa de gerenciamento de fatores ergonômicos em canteiro de obra.

Esclarecemos que o participante dessa pesquisa tem plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados (entrevistas, fotografias e vídeos) coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em plataforma segura (nuvem) para armazenamento de dados, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou

extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br)**.

(Assinatura do pesquisador)

APÊNDICE G – TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO DO TRABALHADOR



TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o Sr. para participar como voluntário da pesquisa **Análise Comparativa de Resultados Obtidos da Avaliação Postural de Servente da Construção Civil utilizando os Métodos RULA, REBA e Kinebot (ferramenta baseada em Inteligência Artificial)**, que está sob a responsabilidade do (a) pesquisador **Bráulio Carmo Ribeiro Gonçalves**, residente na rua Sargento Silvino de Macedo, n.155, Ap. 701 B, CEP 51.160-060, bairro Imbiribeira, na cidade Recife, Estado de Pernambuco, de telefone (81) 98566-4248 e e-mail braulior77@gmail.com.

Também participa o Orientador **Professor Doutor José Guilherme da Silva Santa Rosa**, docente colaborador do Programa de Pós-graduação em Ergonomia da Universidade Federal de Pernambuco, de telefone (84) 99137-1747 e e-mail jguilhermesantarosa@gmail.com.

Todas as suas dúvidas podem ser esclarecidas com o responsável por esta pesquisa. Apenas quando todos os esclarecimentos forem dados e você concorde com a realização do estudo, pedimos que rubrique as folhas e assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma via lhe será entregue e a outra ficará com o pesquisador responsável.

O senhor estará livre para decidir participar ou recusar-se. Caso não aceite participar, não haverá nenhum problema, desistir é um direito seu, bem como será possível retirar o consentimento em qualquer fase da pesquisa, também sem nenhuma penalidade.

O objetivo desta pesquisa é observar e avaliar a sua postura durante a realização do trabalho. A observação e análise se darão através de resposta de questionário aplicado sobre sua atividade e realização de registros fotográficos e de vídeos durante a execução de suas tarefas.

No local da pesquisa, antes da jornada de trabalho, será realizada reunião presencial com Serventes, no refeitório, localizado na área de vivência do canteiro de obra, a fim de explicar detalhes da pesquisa. Aqueles que se dispuserem a participar assinarão o Termo de

Consentimento Livre e Esclarecido. Em seguida, para aplicação do questionário destinado aos Serventes, serão divididos 5 grupos com 6 participantes, cada, no turno diurno, durante 5 dias; e, 4 grupos com 6 participantes em cada grupo, no turno noturno, durante 4 dias. Os Serventes responderão questionário presencialmente, de forma individualizada, no refeitório, localizado na área de vivência do canteiro da, dentro da jornada diária, antes da realização de suas tarefas.

Para a aplicação do método RULA, o Servente será observado realizando as tarefas que geram desconforto, no canteiro de obra, conforme dados de questionário previamente aplicado. Serão consideradas na avaliação a postura do tronco, do pescoço, dos antebraços e braços. Em seguida, será utilizada a versão em papel do diagrama de RULA para classificação de postura das partes do corpo supracitadas.

A aplicação do método REBA é análoga à aplicação do método RULA, também sendo analisadas posturas do tronco, do pescoço, dos antebraços e braços. Entretanto, os dados obtidos através de observação serão anotados na versão em papel do diagrama de REBA.

Para aplicação do Kinebot, o pesquisador preencherá na plataforma do *software* dados sobre o local da pesquisa. Em seguida, o pesquisador selecionará a ferramenta que desejará aplicar (RULA e REBA) e o relatório que pretenderá gerar (Análise de Movimento). Serão realizados *uploads* de vídeos dos Serventes executando tarefas que geram desconforto, em plataforma do Kinebot. O *software* processará os dados, finalizará e emitirá relatório final após preenchimento de parâmetros de aplicação de força ou carga, posição das pernas e repetição do ciclo de trabalho por minuto.

O relatório final do Kinebot consistirá em informações de angulação quanto a frequência de cada movimento, para cada articulação do corpo.

Serão realizados registros fotográficos e registros de vídeo. Os registros de vídeo terão duração variável de 30 segundos a 60 segundos, sempre observando o ciclo completo da tarefa executada, em plano sagital.

Para a realização da pesquisa serão obedecidos todos os preceitos estabelecidos pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), conforme Resolução nº 466/12 do Conselho Nacional de Saúde.

A pesquisa apresenta os seguintes Riscos e Benefícios:

- Riscos: constrangimento durante aplicação de questionário; risco de quebra de sigilo de dados; estigmatização a partir da divulgação dos resultados e violação de privacidade.

Os riscos serão minimizados através de orientação clara aos participantes sobre participação voluntária, com garantia que eles podem interromper a qualquer momento, através de Termo de Consentimento Livre e Esclarecido do Trabalhador, garantir que o

questionário seja preenchido de forma anônima, utilizar plataforma segura (nuvem) para armazenamento de dados, publicar resultados para todos sem identificação de indivíduos.

- Benefícios: identificação de riscos ergonômicos, melhoria no ambiente de trabalho, redução de futuros problemas e saúde.

Esclarecemos que os participantes dessa pesquisa têm plena liberdade de se recusar a participar do estudo e que esta decisão não acarretará penalização por parte dos pesquisadores. Todas as informações desta pesquisa serão confidenciais e serão divulgadas apenas em eventos ou publicações científicas, não havendo identificação dos voluntários, a não ser entre os responsáveis pelo estudo, sendo assegurado o sigilo sobre a sua participação. Os dados (entrevistas, fotografias e vídeos) coletados nesta pesquisa ficarão armazenados em plataforma segura (nuvem) para armazenamento de dados, sob a responsabilidade do pesquisador, no endereço acima informado, pelo período de mínimo 5 anos após o término da pesquisa.

Nada lhe será pago e nem será cobrado para participar desta pesquisa, pois a aceitação é voluntária, mas fica também garantida a indenização em casos de danos, comprovadamente decorrentes da participação na pesquisa, conforme decisão judicial ou extrajudicial. Se houver necessidade, as despesas para a sua participação serão assumidas pelos pesquisadores (ressarcimento de transporte e alimentação).

Em caso de dúvidas relacionadas aos aspectos éticos deste estudo, o (a) senhor (a) poderá consultar o Comitê de Ética em Pesquisa Envolvendo Seres Humanos da UFPE no endereço: **(Avenida da Engenharia s/n – 1º Andar, sala 4 - Cidade Universitária, Recife-PE, CEP: 50740-600, Tel.: (81) 2126.8588 – e-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br)**.

(Assinatura do pesquisador)

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO VOLUNTÁRIO

Eu, _____, CPF _____, abaixo assinado, após a leitura (ou a escuta da leitura) deste documento e de ter tido a oportunidade de conversar e ter esclarecido as minhas dúvidas com o pesquisador responsável, concordo em participar do estudo **Análise Comparativa de Resultados Obtidos da Avaliação Postural de Servente da Construção Civil utilizando os Métodos RULA, REBA e Kinebot (ferramenta baseada em Inteligência Artificial)** como voluntário. Fui devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador sobre a pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios decorrentes de minha participação. Foi-me garantido que posso retirar o meu consentimento a qualquer momento, sem que isto leve a qualquer penalidade.

Local e data _____

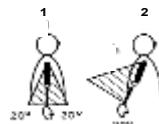
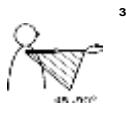
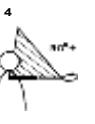
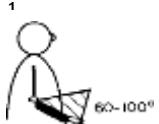
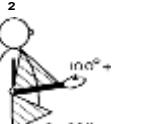
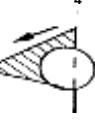
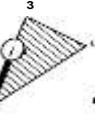
Assinatura do participante: _____

Impressão
digital

Presenciamos a solicitação de consentimento, esclarecimentos sobre a pesquisa e o aceite do voluntário em participar

Nome:	Nome:
Assinatura:	Assinatura:

APÊNDICE H – FORMULÁRIO RULA

Tarefa:							
Data:							
Avaliador:							
AVALIAÇÃO RÁPIDA DOS MEMBROS SUPERIORES							
Grupos	Membros	Pontuações				Adicional	
A	Braco					Ombro elevado: +1 Ombro em abdução: +1 Ombro apoiado: -1	
	Antebraço						Braço cruza a linha média do corpo ou para o lado: +1
	Punho						
B	Pescoco					Em rotação: +1 Flexão lateral: +1	
	Tronco					Em rotação: +1 Lateralizado: +1	
	Pernas					Totalmente apoaidas: +1 Sem total apoio: +2	
Adicional	Força ou carga	Carga ou força < 2 Kg, intermitente: +0 Carga ou força de 2Kg a 10Kg, intermitente: +1 Carga ou força de 2Kg a 10Kg, estática ou repetida: +2 Carga > 10Kg , intermitente: +2 Carga > 10Kg, estática ou repetida: +3 Carga aplicada com solavancos: +3				Uso muscular	Postura estática (mantida por mais de 1 minuto): +1 Postura dinâmica (mais de 4 movimentos/minuto): +1

Pontuação C = Pontuação A + Força/Carga + Uso muscular

Pontuação D = Pontuação B + Força/Carga + uso muscular

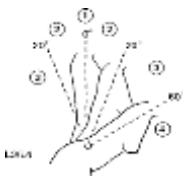
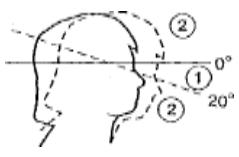
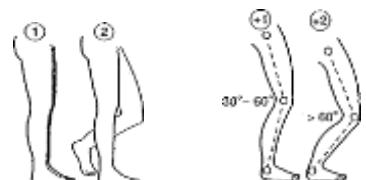
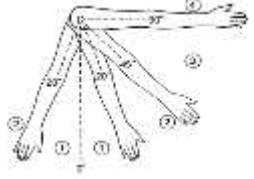
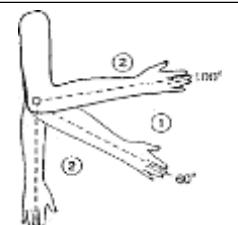
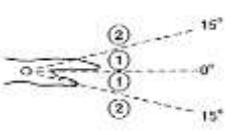
RULA = Pontuação C versus Pontuação D

Pontuação C	Pontuação D						
	1	2	3	4	5	6	7+
1	1	2	3	3	4	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6
4	3	3	3	4	5	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7
7	6	6	6	6	7	7	7
8+	5	5	6	7	7	7	7

Pontuação	Risco	Nível de ação	Ação
1	Insignificante	0	Não necessária
2 a 3	Baixo	1	Pode ser necessária
4 a 7	Médio	2	Necessária
8 a 10	Alto	3	Necessária em breve
11 a 15	Muito alto	4	Necessária imediatamente

Fonte: Adaptado de McAntamney e Corlett, 1993.

APÊNDICE I – FORMULÁRIO REBA

Tarefa:				
Data:				
Avaliador:				
AVALIAÇÃO RÁPIDA DO CORPO INTEIRO				
A	Grupos	Membros	Pontuações	Adicional
		Tronco	 <p>Ereto: +1 0° a 20° de flexão: +2 0° a 20° de extensão: +2 20° a 60° de flexão: +3 > 60° de flexão: 4 Torção ou lateralização: +1</p>	
		Pescoço	 <p>0° a 20° de flexão: +1 > 20° de flexão: +2 > 20° de extensão: +2 Torção ou lateralizado: +1</p>	Força ou Carga Inferior a 5 Kg: 0 Entre 5kg e 10 Kg: +1 Maior que 10 Kg: +2 Movimento rápido e brusco: +1
B		Perna	 <p>Totalmente apoiadas: + 1 Sem total apoio: +2 Flexão dos joelhos entre 30° e 60°: +1 Flexão dos joelhos maior que 60°, exceto postura sentada: +2</p>	
		Braco	 <p>0° a 20° de flexão: +1 0° a 20° de extensão: +1 > 20° de extensão: +2 20° a 45° de flexão: +2 45° a 90° de flexão: +3 Flexão > 90°: +4 Em abdução ou rotação: +1 Ombro elevado: +1 Apoiado ou apontado para baixo: -1</p>	
		Antebraço	 <p>60° a 100° de flexão: +1 < 60° de flexão: +2 >100° de flexão: +2</p>	Pega Boa pega: 0 Pega regular (aceitável): +1 Má pega (possível): +2 Pega inaceitável: (incômoda): +3
		Punho	 <p>0° a 15° de flexão: +1 0° a 15° de extensão: +1 Flexão > 15°: +2 Extensão > 15°: +2 Torção ou desvio (ulnar ou radial): +2</p>	

Pontuação A = Pontuação A + Força/Carga

Pontuação B = Pontuação B + Pega

Pontuação C = Pontuação A versus Pontuação B

REBA = Pontuação C + Atividade

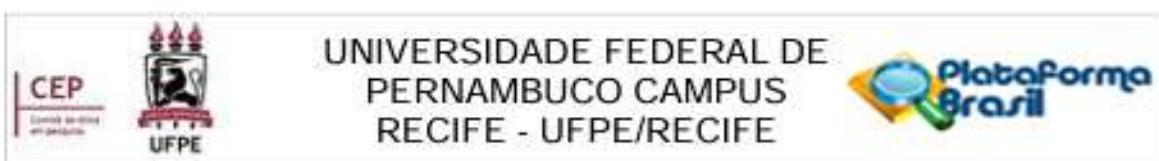
Atividade	
Uma ou mais partes do corpo mantidas por mais de 1 minuto: +1	
Movimentos realizados mais de 4 vezes por minuto: +1	
Mudanças de posturas rápidas, amplas ou instáveis: +1	



Pontuação	Risco	Nível de ação	Ação
1	Insignificante	0	Não necessária
2 a 3	Baixo	1	Pode ser necessária
4 a 7	Medio	2	Necessária
8 a 10	Alto	3	Necessária em breve
11 a 15	Muito alto	4	Necessária imediatamente

Fonte: Adaptado de Hignett e McAntamney, 2000.

APÊNDICE J – PARECER DO COMITÊ DE ÉTICA E PESQUISA



PARECER CONSUSTANCIADO DO CEP

DADOS DA EMENDA

Titulo da Pesquisa: ESTUDO COMPARATIVO DA EFICIÊNCIA DO ERGONOMISTA NA AVALIAÇÃO POSTURAL DO SERVENTE DA CONSTRUÇÃO CIVIL UTILIZANDO AS FERRAMENTAS RULA, REBA E KINEBOT (FERRAMENTA BASEADA EM INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL)

Pesquisador: BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES

Área Temática:

Versão: 3

CAAE: 84793924.0.0000.5208

Instituição Proponente: Centro de Artes e Comunicação

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 8.027.933

Apresentação do Projeto:

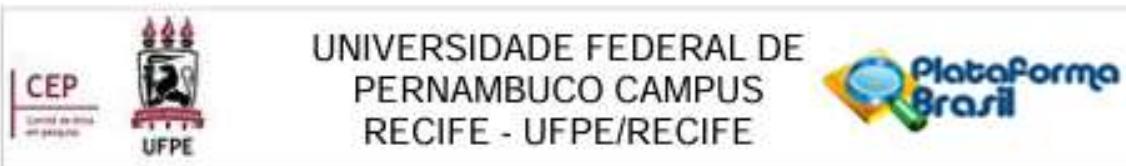
Trata-se de projeto de pesquisa para dissertação de mestrado profissional do Programa de Pós-Graduação em Ergonomia, do Centro de Artes e Comunicação (CAC) da Universidade Federal de Pernambuco, do estudante BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES, na condição de pesquisador responsável, sob orientação do professor José Guilherme da Silva Santa Rosa.

O protocolo de pesquisa espera convidar 55 pessoas, como participantes de pesquisa, sendo os esses trabalhadores de obra de construção civil, denominada Parque Gourmet, localizada em Recife-PE na condição de serventes, além de pessoa no exercício da representação legal da empresa para aplicação de questionário e observação de posturas adotadas durante realização de tarefas.

Objetivo da Pesquisa:

Identificar a melhor alternativa para realização de avaliação postural durante a execução de atividades do Servente, mediante comparação entre resultados obtidos com aplicação de RULA, REBA e Kinebot, em canteiro de obra civil localizado em

Endereço:	Av. das Engenharias, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde
Bairro:	Cidade Universitária
UF:	PE
Município:	RECIFE
Telefone:	(81)2126-8588
CEP:	50.740-600
Fax:	(81)2126-3163
E:	cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 8.027.933

Recife, Pernambuco. Da mesma forma, como objetivos específicos: (1) mapear tarefas incômodas realizadas por serventes, através de questionário aplicado; (2) analisar postura em tarefas executadas por Serventes no canteiro de obra, através dos métodos observacionais RULA e REBA; e (3) analisar postura em tarefas executadas por serventes em canteiro de obra, através do software Kinebot.

Avaliação dos Riscos e Benefícios:

Sobre os riscos concernentes ao protocolo apresentado, o pesquisador responsável relacionou riscos associados a constrangimentos, quebra de sigilo, violação de privacidade, estigmatização, entre outros, direcionados aos participantes de pesquisa. Por sua vez, elencou estratégias para minimizar os riscos.

Já quanto aos benefícios, o pesquisador responsável, informa que os participantes de pesquisa seriam beneficiados com a eventual identificação de riscos ergonômicos, melhoria no ambiente de trabalho, aumento de produtividade (para empresa), entre outros indiretos.

Comentários e Considerações sobre a Pesquisa:

O projeto de pesquisa reúne elementos relevantes que possibilitam apreciação adequada pela CEP, permitindo sua boa compreensão e reconhecimento de sua importância, além da construção de novos saberes. Trata-se de emenda, com ajustamento do título, recomendado pela banca examinadora após defesa do pesquisador responsável.

Considerações sobre os Termos de apresentação obrigatória:

Os termos anexados encontram-se em conformidade com as exigências do CEP.

Conclusões ou Pendências e Lista de Inadequações:

Após apreciação do protocolo de pesquisa, considera-se o mesmo apto a iniciar a coleta de dados, conforme pleiteado.

Considerações Finais a critério do CEP:

A emenda foi avaliada e APROVADA pelo colegiado do CEP.

Endereço: Av. das Engenharias, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde

Bairro Cidade Universitária CEP: 50.740-600

UF: PE

Município

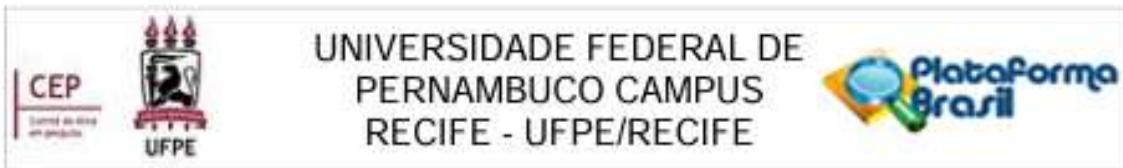
RECIFE

Telefone (81)2126-8588

Fax: (81)2126-3163

E-

cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 8.027.933

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BÁSICAS_2694705_E1.pdf	21/11/2025 14:53:55		Aceito
Outros	Ata_final_defesa_braulio_mestrado_ergonomia_2025.pdf	21/11/2025 14:34:07	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	Carta_Justificativa_CEP_UFPE.pdf	21/11/2025 14:29:12	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Folha de Rosto	Folha_de_Rosto.pdf	21/11/2025 14:24:25	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	CARTARESPOSTA_assinado.pdf	06/12/2024 10:37:34	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_detalhado.docx	06/12/2024 10:32:45	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento_Livre_e_Escrito_Empresa.docx	06/12/2024 10:29:39	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	Termo_de_Consentimento_Livre_e_Escrito_Trabalhador.docx	06/12/2024 10:29:14	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	Formulario_Metodo_REBA.pdf	15/11/2024 11:09:29	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	Formulario_Metodo_RULA.pdf	15/11/2024 11:09:06	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Cronograma	Cronograma.xlsx	14/11/2024 21:36:00	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	Termo_de_Compromisso_e_Confidencialidade.pdf	14/11/2024 21:31:33	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Declaração de concordância	Carta_de_Anuencia.pdf	14/11/2024 21:20:02	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	Questionario_trabalhador.docx	14/11/2024 17:43:39	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito

Endereço: Av. das Engenharias, s/n, 1º andar, sala 4 - Prédio do Centro de Ciências da Saúde

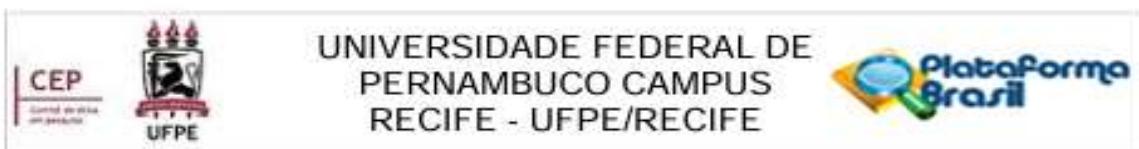
Bairro: Cidade Universitária CEP: 50.740-600

UF: PE Município: RECIFE

Telefone: (81)2126-8588

Fax: (81)2126-3163

E-mail: cephumanos.ufpe@ufpe.br



Continuação do Parecer: 8.027.933

Outros	Questionario_empresa.docx	14/11/2024 17:43:06	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Orientador_Assistente.pdf	14/11/2024 17:41:40	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	Curriculo_Lattes_Orientando.pdf	14/11/2024 17:40:53	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito
Outros	Historico_Academico.pdf	14/11/2024 17:40:19	BRAULIO CARMO RIBEIRO GONCALVES	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

RECIFE, 03 de Dezembro de 2025

Assinado por:
LUCIANO TAVARES MONTENEGRO
(Coordenador(a))

Endereço: Av. das Engenharias, s/n, 1º andar, sala 4 - Ppredio do Centro de Ciências da Saúde	
Bairro: Cidade Universitária	CEP: 50.740-600
UF: PE	Município: RECIFE
Telefone: (81)2126-8588	Fax: (81)2126-3163
	E-: cephumanos.ufpe@ufpe.br