

**UNIVERSIDADE DO VALE DO RIO DOS SINOS - UNISINOS  
UNIDADE ACADÊMICA DE EDUCAÇÃO CONTINUADA  
CURSO DE ESPECIALIZAÇÃO EM  
ENGENHARIA DE SEGURANÇA DO TRABALHO**

**ARCIVAL SANTOS**

**ANÁLISE ERGONÔMICA CONSIDERADA NA TROCA DE UM COMPRESSOR DE  
AR CONDICIONADO 60.000 BTU'S**

**São Leopoldo  
2016**

Arcival Santos

ANÁLISE ERGONÔMICA CONSIDERADA NA TROCA DE UM COMPRESSOR DE  
AR CONDICIONADO 60.000 BTU'S

Artigo apresentado como requisito parcial  
para obtenção do título de Especialista em  
Engenharia de Segurança do Trabalho,  
pelo Curso de Especialização em  
Engenharia de Segurança do Trabalho da  
Universidade do Vale do Rio dos Sinos -  
UNISINOS

Orientador: Prof.Esp. Nelson Beuter Júnior

São Leopoldo  
2016

## **ANÁLISE ERGONÔMICA CONSIDERADA NA TROCA DE UM COMPRESSOR DE AR CONDICIONADO 60.000 BTU'S**

Arcival Santos\*

Nelson Beuter Júnior\*\*

Resumo: Este estudo tem como objetivo analisar a existência ou não de risco ergonômico na operação de troca de um compressor 60.000 Btu's em uma condensadora de ar condicionado. Para esta análise das etapas que envolvem levantamento de carga foi utilizado o método NIOSH, para análise postural foi utilizado o método OWAS, e para análise dos esforços dos membros superiores foi usado o método RULA. Os resultados obtidos com aplicação destes métodos mostram que realmente existem riscos ergonômicos nos três métodos adotados para esta análise. Considerando estes resultados e a proposta de melhoria, conclui-se que com baixo custo e fácil implementação pode-se resolver uma boa parte dos problemas.

Palavras-chave: Ergonomia. NIOSH. OWAS. RULA. Carga. Postura. Sobre Peso

### **1 INTRODUÇÃO**

A operação de troca de compressores é a que apresenta os mais relevantes riscos ergonômicos na atividade de manutenção dos aparelhos de ar condicionado. Postura para executar a tarefa, bem como esforço na manipulação da carga são elementos agravantes no risco ergonômico da atividade. No que se refere a posicionamento, o operador necessita realizar uma pré-desmontagem do sistema de ventilação antes de iniciar a operação principal. Após esta etapa deverá iniciar a desbrascagem dos tubos de cobre que ainda estão soldados no compressor, assim como soltar as porcas que fazem a fixação do mesmo na parte inferior. Após esta etapa vem o ponto crítico já comentado acima, fazer a retirada manualmente do compressor que se encontra dentro do equipamento apoiado em sua base inferior, obrigando o operador a fazer um esforço bem acima do recomendável

---

\* Engenheiro de Produção Mecânica, CREA RS 205052. Email: arcival.santos@splitservice.com.br

\*\* Químico, graduado pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), Especialista em Ergonomia, Centro Brasileiro de Sustentabilidade e Educação Corporativa (CEBRACORP). nelsonbeuterj@yahoo.com.br

em norma, além disso, com postura e posicionamento totalmente desfavorável a execução da tarefa.

A portaria nº 3214 de 1978 estabeleceu a norma regulamentadora NR 17 – Ergonomia, que descreve em seu item 17.1: “Esta Norma Regulamentadora visa a estabelecer parâmetros que permitam a adaptação das condições de trabalho às características psicofisiológicas dos trabalhadores, de modo a proporcionar um máximo de conforto, segurança e desempenho eficiente”.

Ainda segundo a NR17, “as condições de trabalho incluem aspectos relacionados ao levantamento, transporte e descarga de materiais, ao mobiliário, aos equipamentos e às condições ambientais do posto de trabalho e à própria organização do trabalho”.

O presente trabalho tem por objetivo determinar o risco ergonômico na operação de troca de compressor de ar condicionado 60.000 Btu's, e sugerir soluções de melhoria ergonômica para atividade. O estudo de caso foi realizado em uma empresa autorizada Springer Midea, de médio porte no estado do Rio Grande do Sul.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

A palavra Ergonomia é constituída a partir de dois radicais: *ergone* nomos, o significado da palavra “Ergonomia” está ligado ao que se pretende como uma ciência do trabalho.

Mais especificamente, pode-se afirmar que o objetivo da Ergonomia consiste em definir regras do trabalho (GUÉRIN et al, 2004).

Segundo IIDA (1990) a Ergonomia estuda a adaptação entre o trabalho eo homem. A ergonomia abraça toda a situação em que ocorre a relação homem x máquina. Envolve também o ambiente físico e os aspectos organizacionais de como esse trabalho será realizado.

De acordo com Santos e Fialho (1997) para Ergonomia, o trabalho deve ser analisado como um processo de interação, onde o operador que é o agente capaz de iniciativas e reações dentro do seu ambiente técnico, deverá evoluir e influenciar nos resultados como um todo, sendo ele como homem o centro do sistema maior.

Segundo Montmollin (1990) afirma que a Ergonomia é uma disciplina que propõe analisar os processos de interação entre os indivíduos e as “máquinas”, para

modificar os processos ao atuar sobre as competências dos indivíduos e sobre a organização do trabalho ou da máquina.

Com uma visão mais restrita, Wisner (1987) afirma que a Ergonomia é composta de conhecimentos científicos relacionados ao homem e fundamentais para o desenvolvimento de ferramentas, dispositivos e outros que possam ser utilizados dando maior conforto, eficácia e segurança ao homem.

Segundo a Associação Brasileira de Ergonomia – ABERGO (acesso em 24 jul. 2009), a definição oficial apresentada pela Associação Internacional de Ergonomia (IEA), é a seguinte: “ A Ergonomia (ou Fatores Humanos) é uma disciplina relacionada ao entendimento das interações entre os seres humanos e outros elementos ou sistemas, e à aplicação de teorias, princípios, dados e métodos aos projetos a fim de otimizar o bem-estar humano e o desempenho global do sistema” (grifo nosso).

Para Montmollin (1990, p.20), “ [...] A Ergonomia não se preocupa apenas em evitar aos trabalhadores, postos de trabalho excessivamente fatigantes e perigosos, mas procura igualmente colocá-los nas melhores condições de trabalho possíveis [...]”. O autor registra que há duas correntes que tratam do assunto. A americana e a europeia. Montmollin (1990) apresenta suas diferenças: - A corrente americana é a primeira e mais antiga. Considera a Ergonomia como a utilização da ciência para melhorar as condições do trabalho humano. O Ergonomista é orientado para a concepção de dispositivos técnicos: máquinas, ferramentas, postos de trabalho, impressos, software, etc. A corrente europeia é mais recente, considera a Ergonomia como o estudo específico do trabalho humano com a finalidade de melhorá-lo. Reivindica autonomia e métodos próprios, sem ir ao ponto de pretender constituir uma ciência do trabalho completamente autônoma. Trata-se mais de uma tecnologia do que de uma ciência. O Ergonomista é orientado para a organização do trabalho: quem faz o quê e (principalmente) como é que faz e se poderá fazer de melhor maneira. Portanto, essas duas correntes são complementares e não contraditórias. A corrente americana propõe melhores condições de trabalho e, por isso, estuda a relação homem-máquina. Já a corrente europeia propõe estudar o trabalho humano, com a finalidade de melhorá-lo e, sendo assim, procura compreender a relação homem-máquina-trabalho.

A ergonomia física trata das características anatômicas, antropométricas, fisiológicas e biomecânicas do homem em sua relação com a atividade física. Os

temas mais relevantes compreendem as posturas de trabalho, a manipulação de objetos, os movimentos repetitivos, os problemas osteomusculares, o arranjo físico do posto de trabalho, a segurança e a saúde (FALZON, 2007).

Santos e Fialho (1997), colocam que uma primeira questão opõe os objetivos de segurança e conforto ao rendimento das organizações. A análise sistêmica das condutas de trabalho mostra que as “saídas” de um sistema não são independentes e que toda ação sobre conforto reflete sobre produtividade, e vice-versa.

Segundo Dul e Weerdmeester (2004), a postura e o movimento corporal têm grande importância na ergonomia. Tanto no trabalho como na vida cotidiana, eles são determinados pela tarefa e pelo posto de trabalho.

## **2.1 Levantamento de cargas**

A Norma Regulamentadora NR17 define que, “transporte manual de cargas designa todo transporte no qual o peso da carga é suportado inteiramente por um só trabalhador, compreendendo o levantamento e a deposição da carga”.

As situações de trabalho quanto ao levantamento de pesos podem ser classificadas em dois tipos. Uma delas se refere ao levantamento esporádico de cargas e, outra, ao trabalho repetitivo com levantamento de cargas. A primeira está relacionada com a capacidade muscular para levantar a carga e a segunda, onde entra o fator de duração do trabalho, está relacionada com a capacidade energética do trabalhador e a fadiga física (IIDA, 1998).

Pheasant (1983) apud Kromer e Grandjean (2005), alerta que “tarefas de levantamento manual de cargas industriais são caracteristicamente atividades ‘não-projetadas’ e tem algo de improvisado”. Para tarefas de levantamento ocasionais, é difícil definir normas. Para levantamentos repetitivos e contínuos de carga, o futuro próximo deve trazer soluções mecânicas, tais como robôs ou equipamentos de transporte.

## **2.2 Método NIOSH**

Em 1981, o National Institute for Occupational Safety and Health (NIOSH), dos Estados Unidos, estabeleceu limites para levantamento de carga partir de vários estudos, considerando os aspectos epidemiológicos, fisiológicos, biomecânicos e

psicofísicos. As recomendações do NIOSH consideram não apenas a distância horizontal da carga em relação ao corpo, mas também a frequência do levantamento, a distância de trajeto no plano vertical e a altura da carga no começo do levantamento. Em 1991 as recomendações foram revistas. As recomendações de 1991 consideraram o levantamento assimétrico (torção do corpo) e também especificaram como pegar o objeto. As recomendações de 1991 se aplicam para o levantamento ou abaixamento de cargas. O peso máximo recomendado foi de apenas 23 quilos (225 N), mesmo sob as condições mais favoráveis (KROEMER e GRANDJEAN, 2005).

Segundo Waters, Putz-Anderson e Garg(1994), o critério do NIOSH determina o Limite de Peso Recomendado, fórmula 1 abaixo, cujo valor máximo é de 23 quilos, considerando seis fatores: distância horizontal entre o indivíduo e a carga, altura da carga na origem, altura da carga onde o indivíduo a deposita, rotação do tronco/ângulo de assimetria, frequência de levantamento e qualidade da pega.

LPR = limite de peso recomendável

H = distância horizontal entre o indivíduo e a carga (posição das mãos) em cm

V = distância vertical na origem da carga (posição das mãos) em cm

D = deslocamento vertical, entre a origem e o destino, em cm

A = ângulo de assimetria, medido a partir do plano sagital, em graus

F = frequência média de levantamento, em levantamentos por minuto

C = qualidade da pega

$$LPR = 23 \times (25/H) \times (1 - 0,003/[v-75]) \times (0,82 + 4,5/D) \times (1 - 0,0032 \times A) \times F \times C \quad (1)$$

O LPR (limite de peso recomendável) é o resultado da equação da NIOSH que possibilitará a análise ergonômica da tarefa.

O IL (índice de levantamento) é um termo que define o nível de estresse físico de uma determinada tarefa. O IL é obtido realizando uma divisão entre o peso da carga em quilos com o limite de peso recomendável (LPR). Os valores de IL são categorizados em três níveis de risco, conforme abaixo:

- $IL \geq 3$  indica um alto risco de acidente no posto de trabalho.
- $1 < IL < 3$  indica risco de acidente no posto de trabalho.
- $IL \leq 1$  indica risco quase inexistente.

## 2.3 Postura

Trabalhando ou repousando, o corpo assume três posturas básicas: as posições deitada, sentada e de pé. Em cada uma destas posturas estão envolvidos esforços musculares para manter a posição relativa das partes do corpo, que se distribuem da seguinte forma (IIDA, 1998):

Tabela 1 - Eficiência dos projetos Vp obtidos pelo usuário

<b>Parte do corpo</b>	<b>% do peso total</b>
Cabeça	6 a 8%
Tronco	40 a 46%
Membros superiores	11 a 14%
Membros inferiores	33 a 40%

Fonte: IIDA, 1998, p.84

Ainda segundo Iida (1998), muitas vezes projetos inadequados de máquinas, assentos ou bancadas de trabalho obrigam o trabalhador a usar posturas inadequadas. Se estas forem mantidas por um longo tempo, podem provocar fortes dores localizadas naquele conjunto de músculos solicitados na conservação dessas posturas.

Tabela 2 - Localização das dores no corpo, provocadas por posturas inadequadas

<b>Postura</b>	<b>Risco de dores</b>
Em pé	Pés e pernas (varizes)
Sentado sem encosto	Músculos extensores do corpo
Assento muito baixo	Parte inferior das pernas, joelho e pés
Assento muito alto	Dorso e pescoço
Braços esticados	Ombros e braços
Pegas inadequadas em ferramentas	Antebraços

Fonte: IIDA, (1998, p.85)

Não se recomenda passar o dia todo na posição em pé, pois isso provoca fadiga nas costas e pernas, além da propensão à formação de varizes nestas. Um

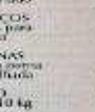
estresse adicional pode aparecer quando o tronco fica inclinado, provocando dores no pescoço e nas pernas. Ainda, deve-se permitir que os trabalhadores possam sentar durante as pausas naturais do trabalho. É o caso, por exemplo, de operadores de máquinas e vendedores em lojas. (DUL e WEERDMEESTER, 2004)

Uma das maiores dificuldades em analisar e corrigir más posturas no trabalho está na identificação e registro das mesmas. A descrição verbal não é prática, porque se torna muito prolixa e de difícil análise. Por outro lado, técnicas fotográficas também apresentam falhas, porque fazem apenas registros instantâneos, sem dar informações sobre a duração da postura e das forças empregadas. Isso levou muitos autores a propor métodos práticos de registro e análise da postura (IIDA, 1998).

## 2.4 Método OWAS

Um sistema prático de registro, chamado OWAS (OvakoWorkingPostureAnalysing System) foi proposto por três pesquisadores finlandeses (Karku, Kansu e Kuorinka, 1997), que trabalhava em uma indústria siderúrgica. Eles começaram com análises fotográficas das principais posturas encontradas, que são típicas de uma indústria pesada. Encontraram 72 posturas típicas, que resultaram de diferentes combinações das posições do dorso (4 posições típicas), braços (3 posições típicas) e pernas (7 posições típicas).

Figura 1 – Sistema OWAS para o registro de postura

DORSO					
	1 Reto	2 Inclinado	3 Reto e torcido	4 Inclinado e torcido	
	ex: 2151 RF				
BRAÇOS				 DORSO inclinado 2 BRAÇOS: Dois para baixo 1 PERNAS: Uma perna apoiada 5 PESO: Até 10 kg 1 LOCAL: Remoção do material RF	
	1 Dois braços para baixo	2 Um braço para cima	3 Dois braços para cima		
PERNAS				 Duas pernas suspensas 7	
	1 Duas pernas retas	2 Uma perna reta	3 Duas pernas flexionadas		
					
	4 Uma perna flexionada	5 Uma perna apoiada	6 Deslocamento com pernas		
CARGA				XY Código do local ou seção onde foi observado	
	1 Carga ou força até 10 kg	2 Carga ou força entre 10 kg e 20 kg	3 Carga ou força acima de 20 kg		

Fonte: IIDA, (1998, p.88)

Tabela 3 – Classificação das posturas OWAS

Fonte: CORLETT; WILSON, (2005)

Com base nessas avaliações, as posturas foram classificadas em uma das seguintes categorias (IIDA, 1998):

- Classe 1 – postura normal, que dispensa cuidados, a não ser em casos excepcionais.
- Classe 2 – postura que deve ser verificada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho.
- Classe 3 – postura que deve merecer atenção a curto prazo.
- Classe 4 – postura que deve merecer atenção imediata.

## 2.5 Método RULA

O Método RULA (MCATEMNEY e CORLETT, 1993), é uma adaptação do método OWAS, acrescido de outras variáveis como:

- a) Força;
- b) Repetição;
- c) Amplitude do movimento articular

As posturas são enquadradas de acordo com as angulações entre os membros e o corpo, obtendo-se escores que definem o nível de ação a ser seguido, similares aos adotados pelo método OWAS.

Este método é indicado para analisar a sobrecarga concentrada no pescoço e membros superiores, utiliza diagramas para facilitar a identificação das amplitudes de movimentos nas articulações de interesse como também avalia o trabalho muscular estático e as forças exercidas pelos segmentos em análise.

Devido à facilidade e confiabilidade dos resultados obtidos, esse método é bastante utilizado na análise ergonômica de posturas, atividades e postos de trabalho.

O método RULA é baseado em uma avaliação dos membros superiores e inferiores, para tanto o corpo foi dividido em dois grupos, A e B.

O grupo A é constituído pelos membros superiores (braços, antebraços e punhos).

Já o grupo B é representado pelo pescoço, tronco, pernas e pés. As posturas são enquadradas de acordo com as angulações entre os membros e o corpo, obtendo-se escores que definem o nível de ação a ser seguido.

No caso de movimentos articulares, foram atribuídas pontuações progressivas de tal forma que o número 1 representa o movimento ou a postura com menor risco de lesão, enquanto que valores mais altos, máximo de 7, representam riscos maiores de lesão para o segmento corporal avaliado.

Após registros nas tabelas A e B, a pontuação é lançada na tabela C, onde será obtida a pontuação final para avaliação da postura em destaque. O detalhamento das pontuações se dá da seguinte forma:

### 2.5.1 Grupo A – Análise dos membros superiores:

Braços: analisada a postura do braço pontua-se, de acordo com a amplitude do movimento durante a atividade (figura 1), valores que variam de 1 a 4. A essa pontuação, deve-se adicionar 1 ponto quando o braço está abduzido ou o ombro elevado; por outro lado deve-se subtrair 1 ponto se o braço está apoiado, atenuando a carga. A pontuação segue a seguinte ordem da esquerda para a direita das silhuetas, 1-2-2-3-4.

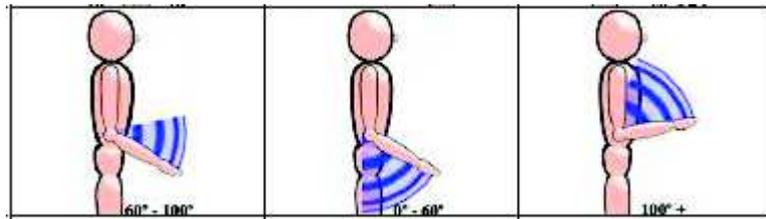
Figura 1 – Possíveis pontuações do braço de acordo com a amplitude do movimento



Fonte: Adaptado de McAtmney et al. (1993)

Antebraços: similar com a análise feita com o braço é a com o antebraço, observando a figura 2, analisa-se as posturas e se atribui pontos (1 ou 2). A esta pontuação, deve-se adicionar 1 ponto quando o antebraço cruza a linha média do corpo ou se há afastamento lateral.

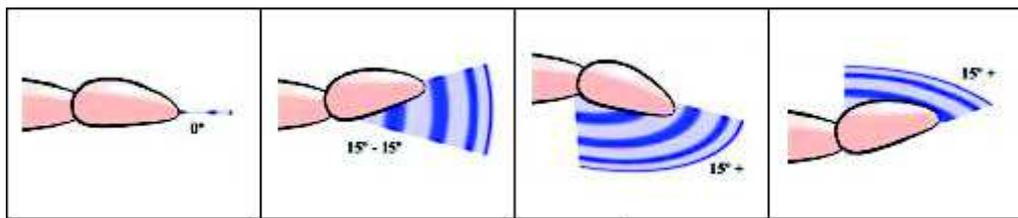
Figura 2 – Possíveis pontuações do antebraço de acordo com a amplitude de movimento



Fonte: Adaptado de McAtmney et al. (1993)

Punhos: avalia-se a postura do punho com atribuição de pontos de 1 a 3 (figura 3). Sendo que se deve adicionar 1 ponto se o punho apresentar desvio lateral (radial ou ulnar). Verifica-se a realização ou não de rotações do punho (pronosupinação) e as pontuações devem ser: 1 ponto para amplitude média e 2 para rotações de grandes amplitudes.

Figura 3 – Possíveis pontuações do punho de acordo com a amplitude de movimento

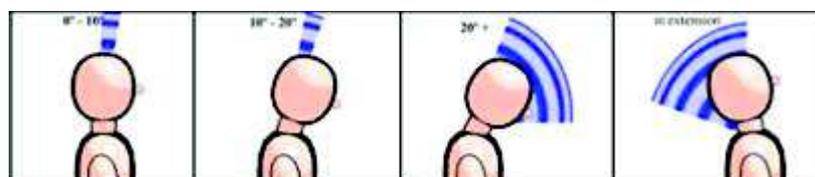


Fonte: Adaptado de McAtmney et al. (1993)

### 2.5.3 Grupo B – Análise do pescoço, tronco, pernas e pés:

Pescoço: a postura do pescoço é analisada segundo a (figura 4), atribui-se os pontos que oscilam de 1 a 4 conforme a amplitude dos movimentos realizada durante a atividade. À pontuação, deve-se adicionar 1 ponto quando o pescoço está inclinado lateralmente ou rodado.

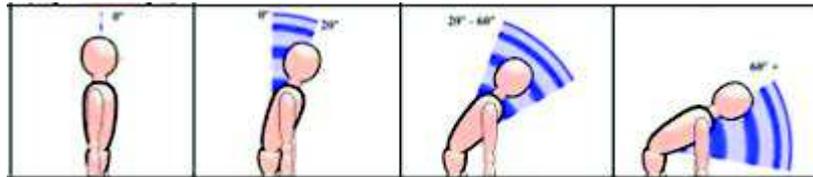
Figura 4 – Possíveis pontuações do pescoço de acordo com a amplitude do movimento



Fonte: Adaptado de McAtmney et al. (1993)

Tronco: Através da observação da figura 5 pode-se concluir qual a pontuação (1 a 4) que a atividade analisada terá. Da mesma forma que para o pescoço, adiciona-se 1 ponto quando o tronco estiver inclinado lateralmente ou rodado, ou ainda se o indivíduo estiver sentado. A pontuação, da esquerda para a direita, 1-2-3-4, para cada silhueta.

Figura 5 – Possíveis pontuações do tronco de acordo com a amplitude do movimento



Fonte: Adaptado e McAtmney et al. (1993)

Pernas e pés: para as pernas e pés os pontos são atribuídos da seguinte forma: 1, quando as pernas estão apoiadas ou 2 quando não.

Quando todas as pontuações dos segmentos dos grupos A e B tiverem sido registradas, cruzam-se os valores obtidos, consultando a tabela 1 referente à contração muscular e a tabela 2 referente à aplicação de força e carga.

Através deste cruzamento serão encontrados os valores para preencher o espaço da pontuação geral (tabela 3).

Quadro 1 – Contração Muscular

Pontuação	Contração Muscular
+ 1	Postura estática prolongada por período superior a 1 minuto
+ 1	Postura repetitiva, mais que 4 vezes por minuto
0	Postura fundamentalmente dinâmica (postura estática inferior a 1 minuto) e não repetitiva

Fonte: Adaptado de McAtmney et al. (1993)

Quadro 2 – Força e carga

Pontuação	Valor da Força	Tipo de Aplicação
0	Inferior a 2 kg	Intermitente
1	2 a 10 kg	Intermitente
2	2 a 10 kg	Postura estática superior a 1 min ou repetitiva mais que 4 vezes/min
2	Superior a 10 kg	Intermitente
3	Superior a 10 kg	Postura estática superior a 1 min ou repetitiva mais que 4 vezes/min
3	Qualquer	Aplicação brusca, repentina ou com choque

Fonte: Adaptado de McAtmney et al. (1993)

De acordo com o valor obtido na pontuação geral, pode-se chegar às seguintes ações:

#### Quadro 3 – Pontuação Geral

Nível 1 (1 ou 2 pontos): postura aceitável, se não for mantida ou repetida por longos períodos de tempo;

Nível 2 (3 ou 4 pontos): postura a investigar e poderão ser necessárias alterações;

Nível 3 (5 ou 6 pontos): postura a investigar e alterar rapidamente;

Nível 4 (7 pontos ou mais): postura a investigar e alterar urgentemente.

Fonte: Adaptado de McAtmney et al (1993)

## 2.6 Troca de compressor

A sucessiva troca de compressores que envolvem esse tipo de produto se faz necessária em 90% dos casos devido a falhas no procedimento de instalação, pois conforme os maiores fabricantes indicam, o procedimento de instalação deve seguir uma sequência lógica, onde o instalador após interligar as unidades, deverá primeiramente garantir que não haja vazamento nesta interligação, realizando com nitrogênio o teste de estanqueidade, evitando desta forma que a umidade do ar não esteja presente entre as unidades. Após garantir esta primeira etapa sem vazamentos, iniciar a próxima etapa com o auxílio de uma bomba de vácuo, a qual irá retirar toda e qualquer possibilidade de ar úmido no interior da interligação entre as unidades, finalizada esta etapa do vácuo poderá através das válvulas de serviço

liberar o gás que se encontra alojado dentro da unidade condensadora, fazendo com que assim o sistema esteja fechado e uniforme, somente com gás refrigerante circulando entre as unidades agora interligadas, evitando possíveis quebras de compressor.

Figura 3 – Condensadora aberta com compressor



Fonte: Autor

### 3. METODOLOGIA

O presente trabalho é do tipo estudo de caso, realizado na área de manutenção de uma empresa do ramo da climatização de ambientes, atuante no mercado desde 2009, atendendo chamados de garantia do fabricante Midea Carrier, tem sua sede localizada na cidade de São Leopoldo, Rio Grande do Sul. Atuando diretamente em residências e comércio de pequeno porte, a empresa realiza atividades de manutenção *in loco*, e em vista disto, em diversas ocasiões constrangimentos ergonômicos relacionados a levantamento de cargas e má postura é experimentada pelos trabalhadores. Este trabalho foca na atividade de substituição de compressores de condensadoras de capacidade 60.000 BTU, a qual emerge como principal causa de reclamações dos trabalhadores do setor de manutenção.

A análise ergonômica do trabalho realizada avaliou três aspectos primordiais: manipulação de cargas, análise postural e análise de membros superiores.

Para avaliação dos movimentos de carga e descarga de material foi aplicado o método NIOSH. A tarefa de carga e descarga engloba o movimento de retirada e recolocação do compressor dentro da unidade condensadora.

Para análise postural da atividade de desmontagem do equipamento foi utilizado o método OWAS. A análise postural foi dividida em duas etapas, a desmontagem e remontagem do sistema de ventilação.

Para análise de esforço de membros superiores durante a atividade foi utilizado o método RULA.

Fotos e vídeos desta tarefa foram coletados para auxiliar nas avaliações e aplicação das ferramentas de análise ergonômica. Para a decomposição dos vídeos, detalhamento da análise postural, levantamento de carga e sobre peso foi utilizado o software KINOVEA, disponível gratuitamente em [www.kinovea.org](http://www.kinovea.org).

#### **4. RESULTADOS E DISCUSSÕES**

Antes de apresentar os resultados obtidos entende-se como necessário apresentar algumas considerações referentes à execução da tarefa em questão, a qual está sendo analisada.

- a) A tarefa sempre é realizada por apenas um técnico, o qual faz a desmontagem inicial do sistema de ventilação, faz a desbrasagem do compressor, solta as porcas de fixação e logo após a retirada manualmente do compressor;
- b) Não existem pausas nesta operação, o funcionário inicia e finaliza a tarefa considerando micropausas durante o processo normal dos trabalhos realizados;

##### **4.1 – Resultados da análise de levantamento de carga**

A primeira tarefa que o operador realiza é a desmontagem do sistema de ventilação. A condensadora é colocada sob o piso, sendo então retirado o compressor de dentro da condensadora. Todo este processo, exige bastante esforço manual do trabalhador nesta operação.

Para esta tarefa foi aplicado o método NIOSH, a fim de analisar o grau de risco devido ao manuseio de cargas movimento de levantamento de carga. O peso do compressor especificado no manual do fabricante é de 41 kg.

Na tabela 4 são apresentados os resultados do método NIOSH.

Tabela 4 – Resultados do método NIOSH

Parâmetro	Resultado	Figura/tabela
H	45 cm	Figura 3 A
V	85 cm	Figura 3 B
D	135 cm	Figura 4 A
A	75 graus	Figura 4 B
F	1	N
C	1	Não se aplica

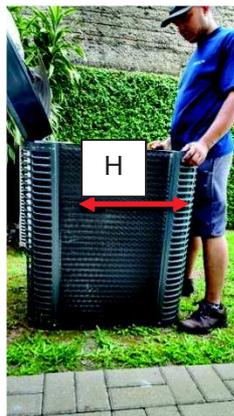
Fonte: Autor

Figura 3a e b – Coleta dos fatores H e V

(a)

(b)

H=45 cm



V=85

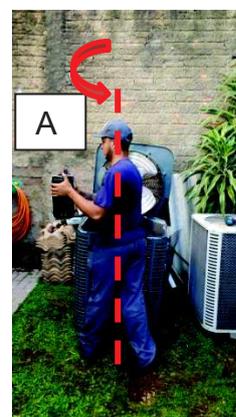
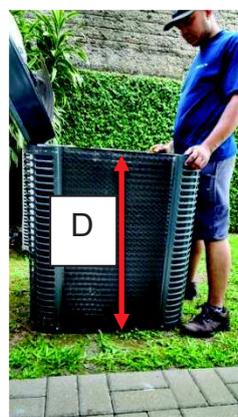
Fonte: Autor

Figura 4 – Coleta dos fatores D e A

(c)

(d)

D=135 cm



A=75 graus

Fonte: autor

O fator F é obtido devido a frequência de vezes, que neste caso seria uma vez a cada troca por operação, logo F é igual a 1.

O fator C é definido conforme os dados apresentados na tabela 6. A qualidade da pega foi considerada razoável, logo C é igual a 1.

Tabela 6 – Tabela para cálculo do fator C

TIPO DE PEGA	MULTIPLICADOR DE PEGA (CM)	
	V < 75 cm	V > 75 cm
BOA	1	1
RAZOÁVEL	0,95	1
POBRE	0,90	0,90

Fonte: (WATERS, PUTZ-ANDERSON, GARG, 1994)

$$\text{LPR} = 23 \times (25/H) \times (1-0,003/[v-75]) \times (0,82+4,5/D) \times (1-0.0032xA) \times F \times C$$

$$\text{LPR} = 8,25$$

O índice de levantamento (LI) é calculado dividindo-se o peso real da carga pelo LPR.

$$\text{IL} = 41 / 8,25$$

$$\text{IL} = 4,96$$

Considerando que o valor de  $\text{IL} \geq 3$ , chegamos à conclusão que a carga envolvida nesta operação e nessas condições, indica um alto risco de acidente no posto de trabalho, e que modificações devem ser propostas imediatamente para reduzir o risco ergonômico.

#### 4.2 Resultados da análise postural

A primeira análise postural foi realizada observando a operação de desmontagem e remontagem do sistema ventilação, chamada tarefa 1 (figura 5). Nesta atividade o operador inicia retirando os parafusos de fixação da tampa superior para viabilizar acesso ao compressor, gerando uma inclinação no corpo de aproximadamente 30 graus, evidenciando um nítido constrangimento ergonômico.

Figura 5 – Desmontagem / Remontagem do sistema ventilação



Fonte: Autor

Tabela 7 – Análise OWAS para a tarefa 1

<b>Membros</b>	<b>Desmontagem (Figura 5)</b>
Dorso	2 (inclinado)
Braços	1 (dois braços para baixo)
Pernas	1 (duas pernas retas)
Carga	1 (até 10 kg)
Classificação	2

Fonte: Autor

A atividade de desmontagem e remontagem do sistema de ventilação, conforme, dados acima, na tabela 7, foi classificada como classe 2, postura que deve ser verificada durante a próxima revisão rotineira dos métodos de trabalho. De qualquer forma com baixo custo e fácil implementação, esta tarefa pode ser corrigida desenvolvendo uma bancada com ajuste de na altura, adaptando a tarefa conforme altura do operador, evitando desta forma que o mesmo realize uma flexão de tronco em meio a operação. Após realizada a adaptação do posto de trabalho esperasse, de acordo com a tabela 8, abaixo, atingir-se classificação de postura OWAS igual a classe 1 que é considerada postura normal, dispensando cuidados, a não ser em casos excepcionais que fugam o procedimento padrão.

Tabela 8 – Avaliação da postura após adaptação do posto de trabalho

<b>Membros</b>	<b>Desmontagem (Figura 5)</b>
Dorso	1 (reto)
Braços	1 (dois braços para baixo)
Pernas	1 (duas pernas retas)
Carga	1 (até 10 kg)
Classificação	1

Fonte: Autor

### 4.3 Resultados da análise do esforço dos membros superiores

A primeira análise desta tarefa consiste em avaliar os esforços dos membros superiores observando a retirada do compressor de dentro da condensadora até a posição acima da serpentina, figura 6 abaixo, depois então soltar no piso. Considerando que o operador estará aplicando uma força superior a 10 Kg de forma repentina, e de acordo com o método RULA, atribui-se como GRUPO A o estudo do posicionamento dos membros superiores. Analisando a figura 6 constata-se que os braços estão posicionados abaixo da linha dos ombros e com amplitude de 20 a 45 graus, como mostrado na figura 1 do método RULA, resultando desta forma, dois pontos no escore que definirá o nível de ação indicados no quadro 3. O antebraço, que também está abaixo dos ombros e com posição entre 0 e 60 graus, definem, de acordo com a figura 2 do método, que mais dois pontos serão acrescidos. O punho está com angulação entre zero e 15 graus para baixo e sem desvio lateral, conforme a figura 3 do método, definindo como sendo de 3 pontos o acréscimo na pontuação para definir o nível de ação.

Figura 6 – Esforços dos membros superiores



Fonte: Autor

Desta forma, podemos observar, na tabela 9, os resultados encontrados na análise.

Tabela 9 – Grupo A - Análise dos membros superiores

<b>Descrição</b>	<b>Amplitude movimento</b>	<b>Pontos</b>
Braço abaixo linha dos ombros	20 a 45 graus	2
Ante braço abaixo dos ombros e cruzando a linha média do corpo	0 a 60 graus	2
Punho	15 graus	3

Fonte: Autor

Avaliando esta atividade chegamos ao somatório dos escores para Grupo A,  $2 + 2 + 3 + 0$  (postura fundamentalmente dinâmica na contração muscular – Quadro 1) + 3 (força aplicada de forma brusca – Quadro 2). Total de 10 pontos. Considerando nesta análise o somatório total do grupo A, com escore acima de 7 pontos, indicando Nível 4 (7 pontos ou mais), conclui-se que a postura deve ser urgentemente investigada (Quadro 3 do método RULA), apresentando possíveis riscos de acidentes no enfoque ergonômico da análise.

Para mitigar os riscos ergonômicos desta tarefa recomenda-se introduzir uma girafa hidráulica da marca Bremen, figura 7, a fim de melhorar a postura e reduzir os esforços dos membros superiores, e desta maneira reduzir a pontuação na análise do método RULA.

Figura 7 – Girafa hidráulica, marca Bremen



Fonte: Bremen 2013

Após a melhoria proposta ser implementada o novo processo introduzirá uma nova postura de trabalho que levará a pontuação apresentada na tabela 10 abaixo.

Tabela 10 – Postura corrigida após implementação de melhoria

<b>Ação Corretiva</b>	<b>Descrição</b>	<b>Amplitude movimento</b>	<b>Pontos</b>
Inclusão de guindaste hidráulico no processo	Braço abaixo linha dos ombros	90 graus	1
	Ante braço abaixo dos ombros e cruzando a linha média do corpo	0 a 60 graus	0
	Punho	0 graus	1

Fonte: Autor

Avaliando esta atividade, após introdução do guindaste, chegamos ao somatório dos escores para Grupo A, 1 + 0 + 1 + 0 (postura fundamentalmente dinâmica na contração muscular – Quadro 1) + 0 (força aplicada intermitente inferior a 2 kg – Quadro 2). Total de 2 pontos. Esta nova pontuação geral nos remete a atividade nível 1, de postura aceitável, se não for mantida ou repetida por longos períodos de tempo.

Considerando as melhorias sugeridas para postura, onde será desenvolvida uma bancada com ajuste de altura e mais um guindaste hidráulico para auxílio na remoção do compressor, o risco ergonômico ficará mitigado tornando a operação mais segura, produtiva.

## 5. CONCLUSÃO

O método NIOSH utilizado para avaliação do levantamento de cargas da atividade troca do compressor nos apresentou um valor de 4,96 para o índice de levantamento (IL). Como este cálculo do índice de levantamento ficou bem acima do valor base que seria 1, conclui-se que a tarefa indica um alto risco de desenvolvimento de doenças osteomusculares no posto de trabalho, devendo urgentemente ser revisado. O método OWAS foi aplicado na análise postural da operação de desmontagem do sistema de ventilação, e foi identificado para esta tarefa pontuação que caracteriza classe 2, que oferece maiores riscos ergonômicos ao trabalhador, porém, com base nesta análise identificou-se uma oportunidade de melhoria a partir da adaptação de base com regulagem de altura, que fará com que a posição de trabalho torne-se mais favorável, o que corrigirá a postura para um valor de classe 1, considerado postura normal que dispensa cuidados.

Já a situação onde foi utilizado o método RULA para análise dos membros superiores, obteve-se valores acima de 7 no grupo A, indicando nível 4 de riscos

ergonômicos, que sugere medidas corretivas urgentes. Para tal recomendou-se a implementação de um guindaste hidráulico, modificando o processo manual de retirada do compressor, oferecendo condições postural mais favoráveis aos membros superiores, e desta maneira fazendo com que a atividade avaliada originalmente como nível 4, passe, após a melhoria, para nível 1, que não oferece riscos ergonômicos.

Ao implementar as melhorias propostas para análises realizadas com os métodos OWAS e RULA, automaticamente se resolveu o problema de levantamento de cargas analisado pelo método NIOSH.

## REFERÊNCIAS

BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **NR17: ergonomia**. Brasília, DF, 1978. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-notrabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-17-ergonomia>>. Acesso em: 15 out. 2016.

CORLETT, E. N.; WILSON, J. R. **Evaluation of human work**. Boca Raton: CRC Press, 3ª ed., 2005.  
DUL, Jan; WEERDMEEESTER, Bernard. **Ergonomia prática**. Tradução de Itiro Iida. 2ªed. São Paulo: Edgard Blücher, 2004.

FALZON, Pierre. **Ergonomia**. Tradução Giliane M. J. Ingratta, Marcos Maffei, Márcia W. R. Sznelwar, Maurício Azevedo de Oliveira, Agnes Ann Puntch, 3ª ed. São Paulo: Blucher, 2007.

GRANDJEAN, Ettiéne. **Manual de Ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Tradução João Pedro Stein. 4ª ed. Porto Alegre: Artes Médicas, 1998.

HOINACKI, Eugênio; MOREIRA, Marina Vergílio; KIEFER, Carlos Guilherme. **Manual básico de processamento de couro**. Porto Alegre: SENAI/RS, 1994.

IIDA, Itiro. **Ergonomia: projeto e produção**. 5ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1998.  
KROEMER, K.H.E.; GRANDJEAN, E. **Manual de ergonomia: adaptando o trabalho ao homem**. Tradução Lia Buarque de Macedo Guimarães. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

KARHU, O, P Kansj, I Kuorinka. 1977. **Correcting working postures in industry: A practical method for analysis**. Appl Ergon 8:199-201.

KARHU, O, R Harkonen, P Sorvali, P Vepsalainen. 1981. **Observing working postures in industry: Examples of OWAS application**. Appl Ergon 12:13-17.

MONTMOLLIN, M. **A ergonomia**. Lisboa: Instituto Piaget. 1995.

NIOSH, National Institute for Occupational Safety, and Health. 1981. **Work Practices Guide for Manual Lifting**. Cincinnati, Ohio: US Department of Health and Human Services.

PALMER, Colin. **Ergonomia**. Tradução de Almir da Silva Mendonça. 1ª ed. Rio de Janeiro: Fundação Getúlio Vargas, 1976.

SANTOS, Neri dos; FIALHO, Francisco. **Manual de análise ergonômica no trabalho**. 2ª ed. Curitiba: Genesis, 1997.

WATERS, Thomas R.; PUTZ-ANDERSON, Vern; CARG, Arun. **Applications manual for the revised NIOSH lifting equation**. Cincinnati: U.S Department of Health and Human Services, jan. 1994.

WATERS, TR, V Putz-Anderson, A Garg, LJ Fine. 1993. **Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual handling tasks**. Ergonomics 36:749-776.