

## NORMAS REGULAMENTADORAS APLICADAS À MANUTENÇÃO DE AR-CONDICIONADO CENTRAL VRF

---

95

MENDES, Henrique Cezar Alves<sup>1</sup>

SOUZA, Diego Sebastian Carvalho de<sup>2</sup>

### RESUMO

O profissional refrigerista tem uma rotina com diversas tarefas, entre elas a elaboração de projetos de sistemas de refrigeração, instalação e manutenção preventiva e corretiva de equipamentos. Para minimizar possíveis erros estruturais e atuar na prevenção de acidentes pessoais, a norma brasileira ABNT NBR 16401 (2008) regulamenta as atividades dessa função visando à segurança e saúde do profissional. Para este trabalho, com o fim de analisar os riscos e o atendimento a normas de saúde e segurança, foi utilizado um estudo de caso baseado na atividade de manutenção de ar-condicionado central modelo VRF (*Variable Coolant Flow* – Fluxo de Refrigerante Variável, em inglês). Como metodologia, foi confeccionado um questionário tipo *checklist* baseado nos pontos principais das normas regulamentadoras selecionadas. Esse questionário constou de 86 itens extraídos das normas regulamentadoras NR-06, NR-09, NR-10, NR-12, NR-17, NR-21, NR-23 e NR-35, em que se pode observar que 55% dos itens elaborados foram atendidos com base na *checklist* e no acompanhamento da manutenção corretiva desse aparelho. Concluiu-se que a norma NR-17, que trata sobre ergonomia, é a norma de maior número de requisitos a serem seguidos numa manutenção e também a melhor observada no ambiente de estudo. Recomenda-se aplicabilidade desta norma para qualquer tipo e tamanho de ar-condicionado, principalmente o central VRF.

**Palavras-chave:** Ar-condicionado central VRF. Montagem e manutenção de sistemas de climatização. Normas regulamentadoras. Segurança no trabalho de técnicos em refrigeração.

---

<sup>1</sup> Graduado em Engenharia pelo Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca- RJ, e pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pelo Centro Universitário Celso Lisboa

<sup>2</sup> Graduado em Engenharia Civil pela Faculdade Rio de Janeiro, Graduado em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário Celso Lisboa, e Mestre em Engenharia Urbana e Ambiental - PUC-R

## ABSTRACT

Refrigeration technicians have busy routines that include several tasks, among them the elaboration of refrigeration systems projects, as well as the installation and preventive and corrective maintenance of equipment. To minimize possible structural errors and operate in the prevention of personal accidents, the Brazilian standard ABNT NBR 16401 (2008), regulates the activities of this function aiming at occupational safety and health. Searching to analyze the hazards arising in and from the workplace, and the compliance with health and safety standards, a case study focused on the activity of maintenance of the VRF (Variable Coolant Flow) air conditioning model was used. A questionnaire, based on a checklist comprising the main points of the selected regulatory standards, was designed as a research tool. This quiz consisted of 86 items extracted from the following regulatory standards: NR-06, NR-09, NR-10, NR-12, NR-17, NR-21, NR-23 and NR-35, and 55% of the listed criteria were met in this evaluation based on the checklist and the monitoring of the corrective maintenance of the air conditioning model in question. It was concluded that the NR-17 standard that deals with ergonomics is the one with the greatest number of requirements to be followed in maintenance, and also the best observed one in the study environment. The applicability of this standard is recommended for any type and size of air conditioning system, especially the VRF type.

**Keywords:** Central air conditioning VRF. Assembly and maintenance of air conditioning systems. Regulatory standards. Safety in the work of refrigeration technicians.

## INTRODUÇÃO

97

O consumo de energia elétrica no Brasil vem aumentando significativamente nos últimos anos. Cerca de 80% da energia elétrica disponibilizada no país em 2018 foi consumida pelos setores industrial, residencial e comercial. Neste mesmo ano, a geração de energia elétrica no Brasil atingiu 601,4 TWh, conforme o balanço energético nacional do ano de 2019 (EPE, 2019) do Ministério de Minas e Energia (MME). Após períodos de baixo crescimento econômico no Brasil, que caracterizaram as décadas de 1980 e parte de 1990, a estabilidade econômica e a elevação da renda média das famílias criaram condições para suprir parte de uma demanda reprimida por conforto ambiental, expresso pelo aumento do consumo de eletricidade devido ao uso de aparelhos de ar-condicionado no país. O conforto ambiental, normalmente gerado por meio de ventiladores elétricos ou aparelhos de ar-condicionado, está contribuindo cada vez mais com o aumento da demanda global de energia (IEA, 2018).

Na área de climatização, o sistema VRF (*Variable Coolant Flow* - Fluxo de Gás Refrigerante Variável, *em inglês*) é a mais nova e eficiente tecnologia difundida na Europa e nas Américas do Norte e do Sul, pois em países asiáticos essa tecnologia já existe há mais de 25 anos (Aynur, 2010). O sistema VRF consome menos energia que qualquer outro sistema de ar-condicionado comum e proporciona um satisfatório conforto térmico da zona climatizada por apresentar um controle individual por zona.

O objetivo geral deste estudo foi analisar os riscos e o atendimento a normas de saúde e segurança nas atividades de manutenção de ar-condicionado central tipo VRF. Para tal, foram utilizados os seguintes objetivos específicos: verificar as normas regulamentadoras aplicáveis ao trabalho de manutenção de ar-condicionado, quantificar as normas que menos são atendidas e propor medidas para prevenir ou mitigar os acidentes nesta manutenção de ar-condicionado central. Assim, um estudo de caso apontou os principais pontos de abrangência gerados na implantação e manutenção do sistema. A metodologia utilizada foi baseada no acompanhamento da implantação/manutenção do sistema VRF e análise das condições de saúde e segurança do trabalho, promovendo um *checklist* das atividades e aplicação das normas regimentadas.

Com o advento das mudanças climáticas e a criação de ilhas de calor nas cidades, uma das respostas da sociedade foi refrigerar artificialmente os ambientes e com isso surge maior necessidade da utilização de ar-condicionado. A crescente

demanda de serviços relacionados à implementação e manutenção de ar central corrobora para uma maior incidência de acidentes do trabalho. Sendo assim, as práticas de segurança descritas nas normas devem ser aplicadas para que haja uma perspectiva de diminuição no número de acidentes. Pelo presente estudo, observou-se escassez de dados e normativas que incluam atividades específicas de climatização e ar-condicionado. Além das motivações citadas anteriormente, o interesse pelo tema deste trabalho é para servir de composto de dados e apontamento de falhas na jurisdição e aplicação de normativas que geram o setor de climatização, especialmente de ar-condicionado central.

## MATERIAL E MÉTODOS

O sistema VRF é classificado como um sistema central em que o conjunto de unidades de tratamento de ar de expansão direta, geralmente instaladas dentro do seu ambiente, é suprido em fluido refrigerante líquido em vazão variável (VRF) por uma unidade condensadora central, instalada externamente conforme ABNT NBR 16401 (2008). Esse sistema proporciona uma série de benefícios como: conforto, conservação de energia, fácil manutenção e baixo custo de instalação se comparado a outros sistemas de ar-condicionado convencionais, e tem sido empregado em pequenas e médias edificações com grande diversificação, alta confiabilidade e modulação precisa da capacidade de refrigeração e aquecimento (Choi e Kim, 2003)

A norma Brasileira ABNT NBR 16.4019 (2008), que vem em substituição da norma ABNT NBR 64019 (1980), trata de instalações de ar-condicionado – sistemas centrais e unitários, partes 1, 2 e 3, respectivamente, projetos de Instalação, parâmetros de conforto térmico e qualidade do ar interior. É composta de dezessete páginas e foi elaborada há mais de trinta anos, assim não poderia contemplar todos os avanços ocorridos na área de climatização, em especial no que diz respeito à revolução da informática e da automação; bem como no que tange às mais recentes determinações dos governos em relação à saúde, segurança e medicina do trabalho, inclusive a qualidade do ar interior. Ela é composta por apenas uma parte, ao contrário da atual, composta por três partes e noventa páginas.

Dentre as normas regulamentadoras (NRs) do Capítulo V, Título II, da Consolidação das Leis do Trabalho relativas à Segurança e Medicina do Trabalho, descritas pela Portaria nº 3.214, de 08 de julho de 1978 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), foram selecionados oito normas e seus itens que envolvem a

manutenção de ar-condicionado central VRF por parte dos técnicos em refrigeração e a Segurança e Saúde do Trabalho (SST) envolvidas, como objeto deste estudo. Para cada norma selecionada elaborou-se um questionário avaliativo, tipo *checklist*, que foi aplicado no estudo de caso descrito como resultado deste estudo.

99

Como critério de escolha, optou-se pelas NRs de Segurança e Saúde no Trabalho mais aplicadas na segurança da manutenção de ar-condicionado central tipo VRF, que são:

- NR-06 - Equipamentos de Proteção Individual (EPI)
- NR-09 - Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos
- NR-10 Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade
- NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos
- NR-17 Ergonomia
- NR-21 Trabalhos a céu aberto
- NR-23 Proteção contra Incêndio
- NR-35 Trabalho em Altura

O questionário *checklist* gerado e aplicado no estudo de caso procurou atender todas essas oito normas selecionadas de maneira mais abrangente, envolvendo 86 itens listados. A NR-09 continha cinco grupos de análises diferentes e por isso uma ampla aplicação dessa norma. Nos questionários, as respostas avaliativas podiam ser NA (não atende a norma), A (atende a norma) e NAP (não aplicável). Agregou-se a esse processo teórico-reflexivo a experiência profissional do autor, que atua na área de ar-condicionado e lhe proporciona uma visão prática das normas na perspectiva do usuário, que tem que conviver com o sistema projetado e com eventuais problemas do mesmo durante sua implementação e conservação durante o seu ciclo de vida útil.

### **Questionário *checklist* avaliativo da aplicação das NRs selecionadas**

#### **. NR-06: Equipamentos de Proteção Individual (EPI)**

Para qualquer trabalho onde haja riscos ao profissional, a NR-06 é bem-vinda. Não seria diferente na manutenção de ar-condicionado central, em que se deve utilizar o EPI com Certificado de Registro de Fabricante (CRF), Certificado de Aprovação (CA)

e Certificado de Registro de Importador (CRI), todos expedidos pelo Ministério da Economia – Secretaria do Trabalho.

Em conjunto foram utilizados no *checklist* (Quadro 1), a seguir:

Quadro 1 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-06 no ambiente de estudo

100

**Ordem**    **Questões a observar:**

1	Cinto do tipo paraquedista com talabarte, cabo guia e sistema trava-quedas o chamado Sistema de Proteção Individual contra Quedas (SPIQ).
2	Óculos de proteção com laterais fechadas.
3	Protetor auricular.
4	Botina de segurança.
5	Máscara de segurança descartável.
6	Capacete de segurança, tipo B.
7	Luvas de segurança para trabalhos: com isolamento elétrico, antiderrapante, fluido frigorífico e brasagem.
8	Escada com isolamento para eletricidade.
9	Vestimenta calça jeans e blusa de manga.
10	Verificado CA.
11	Empresa tem Serviços Especializados em Medicina e Segurança do Trabalho (SESMT).

Fonte: Autor (2021)

### . **NR-09: Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos**

Os documentos do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA) e do Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional (PCMSO) são necessários para a complementação dos documentos e normas. Os técnicos em refrigeração são expostos a vários agentes que serão mencionados na NR-09 como: quedas de alturas, choques elétricos, queimaduras no calor e frio, aspiração de partículas nocivas, carregamento de componentes. Foram selecionadas partes específicas de climatização, para montagem do *checklist* cujas causas estão relacionadas aos riscos, conforme os grupos 1 ao 5, selecionados e descritos a seguir. Os Quadros 2 ao 6 apresentam os questionários *checklist* respectivos aos grupos citados.

### - Grupo 1 – Físico

Neste grupo estão inclusos fatores externos, advindos de fontes que envolvem ambiente de trabalho do empregado, de origem física, tais como ruído, calor, vibração, radiação não-ionizante, umidade e frio.

101

- Ruído – neste sistema quase não apresenta ruído. Caso presente, o local principal para verificação são os ventiladores.
- Calor – do sol em local aberto, emitido dos compressores em funcionamento e maçarico quando utilizado em soldas de tubulações e componentes internos ao equipamento a serem substituídos.
- Vibração – da tubulação quando extensa e mal fixada, dos ventiladores e das condensadoras sem amortecedor de impacto ou outro sistema de fixação e amortecimento, primordial em qualquer máquina rotativa.
- Radiação não-ionizante – parte elétrica e eletrônica, mesmo com *cooler* e aletados.
- Umidade – dos componentes refrigerantes e tubulações não isoladas dentro do equipamento.
- Frio – na saída da evaporadora no cômodo a se climatizar e tubulações não isoladas dentro do equipamento.

Quadro 2 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-09 Grupo 1, no ambiente de estudo

Ordem	Questões a observar:
12	Nível de ruído medido próximo a condensadoras e evaporadoras.
13	Nível de aquecimento medido nos componentes internos do equipamento e na atmosfera próxima com pirômetro a laser.
14	Nível de vibração nos componentes internos, tubulações e no equipamento como um todo e seus sistemas de amortecimento.
15	Sensação de calor emitido para o meio externo das partes quentes do equipamento, com sua mensuração por pirômetro a laser.
16	Inspeção visual e medição com termo-higrômetro da URA
17	Nível de resfriamento medido nos componentes internos do equipamento e na atmosfera próxima com pirômetro a laser.

Fonte: Autor (2021)

### - Grupo 2 – Químicos

Neste grupo estão incluídos fatores externos, que envolvem as condições de trabalho do empregado, de origem química, tais como poeiras, gases e névoas.

- Poeiras – dos filtros a serem limpos periodicamente, e na manutenção de partes que não são comumente removíveis.
- Gases – escape dos gases refrigerantes no momento de completação ou por vazamento em algum ponto.
- Névoas – de óleo lubrificante ao vazar dos compressores ou na sua completação.

Quadro 3 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-09 Grupo 2, no ambiente de estudo.

Ordem	Questões a observar:
18	Limpeza de filtros e partes internas do equipamento
19	Inspeção visual e com aparelho detector em todo o equipamento para identificar possíveis vazamentos de gás refrigerante R 410 A.
20	Inspeção visual em possíveis vazamentos de óleo

Fonte: Autor (2021)

### - Grupo 3 – Biológicas

Neste grupo estão incluídos fatores externos, que envolvem as condições de trabalho do empregado, de origem biológica, tais como vírus, bactérias, protozoários, fungos, bacilos e parasitas. Como o sistema é fechado e não possui filtros, apenas o das evaporadoras, a renovação de ar acontece pela abertura das janelas e portas e pelo sistema de exaustão instalado no terraço, à parte, em alguns cômodos.

Quadro 4 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-09 Grupo 3 no ambiente de estudo

Ordem	Questões a observar:
21	Verificada a presença de micro-organismos nas saídas das evaporadoras do prédio, através de laudos analíticos.

Fonte: Autor (2021)

### - Grupo 4 – Ergonômicos

Para a NR17, os riscos ergonômicos são oriundos das atividades laborais praticadas por trabalhadores que afetam suas capacidades físicas e mentais. Sendo assim, acarretam desconforto e malefícios ao profissional na escala psicofisiológica.

Como apresentado:

- Esforço físico – na sua maioria levantamento e transporte manual de peso, por exemplo: tubulação de cobre retilínea ou enrolada em carretel, serpentinas, motores, rotores, hélices, evaporadoras e insumos (gás refrigerante em botijas, cilindros de oxiacetileno e produtos de limpeza), e ferramentas diversas.



- Trabalho de turno – que pode acontecer fora das 8h diárias, como hora-extra e aos fins de semana.
- Ritmo excessivo – retirar material de veículo, trabalhar em vários patamares, subindo e descendo escadas de corredor e escadas de acesso, peitoris, marquises, terraços, estruturas metálicas, dentre outros.

Quadro 5 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-09 Grupo 4 no ambiente de estudo

Ordem	Questões a observar:
22	Utilização de <i>software</i> para cálculo de esforço físico por fisioterapeuta ocupacional.
23	Verificado quanto aos horários de expediente interno e externo a empresa pelo ponto pelo supervisor.
24	Verificar antecipadamente a movimentação dos colaboradores pelo supervisor.

Fonte: Autor (2021)

#### - Grupo 5 – De acidentes

Este grupo trata de pontos a serem avaliados que compõem a prevenção de acidentes com o empregado ou trabalhador em seu ambiente de trabalho, tais como equipamento de proteção inadequado, ferramentas defeituosas, armazenamento inadequado, ligações elétricas.

- EPI inadequado - desgastado, sem CA na validade, quebrado ou com partes faltantes.
- Ferramentas defeituosas – de baixa qualidade fabril (material), quebradas, improvisadas e faltantes no conjunto.
- Armazenamento inadequado – em bolsas de EPI junto com ferramentas brutas e insumos de manutenção para reciclagem.
- Ligações elétricas – provisórias chamadas “gambiarras” com risco de choques elétricos, contato com a estrutura da máquina dando passagem de corrente ou até mesmo incêndio localizado, os isolamentos podem sofrer combustão.

Quadro 6 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-09 Grupo 5 no ambiente de estudo

Ordem	Questões a observar:
25	Verificação por supervisor de EPI no campo através de ficha preenchida de recebimento.
26	Verificar por supervisor as ferramentas em bancada e suas condições de uso.
27	Verificar maletas de ferramentas e de insumos para manutenção.
28	Inspeção visual e de corrente e voltagem por alicate voltamperímetro por técnicos em refrigeração

Fonte: Autor (2021)

### . NR-10: Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade

Segundo a NR-10, como o trabalho é multidisciplinar, certamente a empresa deve dispor de Equipamento de Proteção Individual (EPI), de Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) e ferramental para a execução do trabalho com eletricidade e eletrônica, assim como seus técnicos em refrigeração devem apresentar qualificação/capacitação para tal. Segundo a própria norma, a responsabilidade é do contratante e da contratada quanto a SST dos envolvidos. Na maioria dos trabalhos com climatização, principalmente VRF, considera-se de baixa tensão, não havendo subestações e sim quadro de alimentação elétrico e o próprio do ar-condicionado central. Ao iniciar os serviços, deve-se sempre isolar, por meio de avisos coloridos, as partes de quadro elétrico geral daquelas do quadro elétrico do equipamento no período em que estão trabalhando, para nenhum transeunte desavisado reenergizar o equipamento. Mãos molhadas de suor ou o corpo trazem riscos mais altos de choque elétrico e queimaduras na pele. Próximo ao quadro elétrico do ar-condicionado central deverá haver extintores da classe pertinente, que segundo a NR-23, é de proteção contra incêndio e explosão.

O técnico, que deve trabalhar preferencialmente com os aparelhos de ar-condicionado sem energia, verificando o quadro elétrico individual do equipamento, não pode utilizar adornos (relógio, pulseiras, cordões, anéis) e sempre deve evitar contato com água acumulada no piso da lavagem ou pluvial ou algum reservatório aberto para a atmosfera quando em funcionamento. Panos úmidos na limpeza não são aconselháveis nas partes elétricas e eletrônicas, podendo ocasionar problemas de conexão e queima; verificar sempre o sistema de aterramento. Capacitores acumulam corrente elétrica mesmo após o equipamento estar desligado, todo cuidado é pouco. Verificar o aquecimento das conexões e componentes, medir e registrar as tensões de entrada no quadro, verificar fiações, lâmpadas sinalizadoras, e

barramentos. Verificar sujeiras, oxidação (zinabre) no cobre e danos. Limpar os componentes eletrônicos com limpador de contatos e trincha. Reapertar terminais, elementos eletromecânicos (contadoras), verificar os relés de sobrecarga em relação às correntes nominais e verificar a operação no sistema manual, automático e remoto.

As condensadoras e outros componentes do sistema, no caso evaporadoras, dispersos na edificação, são alimentados a partir do quadro de distribuição do sistema isolado e não estão ligados a circuitos de iluminação, a bombas hidráulicas, aos exaustores ou outros, e contribui para o desligamento involuntário ao longo do dia, problema sistêmico no ar-condicionado central de nosso prédio. A medição e monitoração do consumo de energia elétrica do ar-condicionado central deve ocorrer no quadro de alimentação elétrico (próximo à porta) e ao relógio da concessionária de energia. O Quadro 7 mostra o questionário *checklist* aplicado para verificação desta norma no ambiente de estudo.

Quadro 7 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-10 no ambiente de estudo

Ordem	Questões a observar:
29	Verificar EPI e EPC por supervisor no campo.
30	Verificar Qualificação/Capacitação dos técnicos em refrigeração.
31	Verificar acessos aos quadros elétricos – geral e do VRF.
32	Isolamento de áreas em trabalho com linha viva.
33	Trabalho em ambiente molhado.
34	Inspeção visual de extintores de classes correspondentes e suas validades.
35	Inspeção visual de partes eletroeletrônicas protegidas.
36	Reaperto de contatos elétricos.
37	Verificar por aparelho de termografia o aquecimento de partes elétricas.
38	Medições de voltagem e amperagem com alicate voltamperímetro.
39	Quadro elétrico do VRF ligado a outros equipamentos.
40	Prontuário de instalação elétrica.
41	Verificado o sistema de aterramentos das condensadoras.

Fonte: Autor (2021)

## . NR-12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

Pela NR-12, as máquinas estacionárias devem ter espaço para que o profissional possa se locomover e também movimentar grandes peças ou peças de peso excessivo onde se necessite adentrar com um “carrinho”, por exemplo, para manutenção. Normalmente essas máquinas ficam no térreo, na parte externa da edificação próximo a estacionamento ou em terraço, ou ainda internamente suspensa em estruturas treliçadas feitas por cabo de aço. Segundo a norma, o equipamento deve ser chumbado sobre uma superfície plana antiderrapante e com sistema de escoamento para águas.

*“São proibidas nas máquinas e equipamentos:*

- a) a utilização de chave geral como dispositivo de partida e parada;*
- b) a utilização de chaves tipo faca nos circuitos elétricos; e*
- c) a existência de partes energizadas expostas de circuitos que utilizam energia elétrica.*

*Para fins de aplicação desta Norma, devem ser considerados os seguintes riscos adicionais:*

- a) substâncias perigosas quaisquer, sejam agentes biológicos ou agentes químicos em estado sólido, líquido ou gasoso, que apresentem riscos à saúde ou integridade física dos trabalhadores por meio de inalação, ingestão ou contato com a pele, olhos ou mucosas;*
- b) radiações ionizantes geradas pelas máquinas e equipamentos ou provenientes de substâncias radiativas por eles utilizadas, processadas ou produzidas;*
- c) radiações não ionizantes com potencial de causar danos à saúde ou integridade física dos trabalhadores;*
- d) vibrações;*
- e) ruído;*
- f) calor;*
- g) combustíveis, inflamáveis, explosivos e substâncias que reagem perigosamente;*
- h) superfícies aquecidas acessíveis que apresentem risco de queimaduras causadas pelo contato com a pele.*

Sempre sinalizar a área de isolamento do local de trabalho, delimitando com cones, fita zebra, etiquetas TAG's e avisos por placas. Sempre verificar na plaqueta de identificação fixada na máquina suas informações técnicas principais de fábrica. Para poder solicitar componentes de substituição iguais aos oriundos de fábrica ou por fabricantes reconhecidos, devem ser elaborados procedimentos de trabalho e segurança específicos, padronizados, com descrição detalhada de cada tarefa, passo a passo, a partir da análise de risco. Os procedimentos de trabalho e segurança não podem ser as únicas medidas de proteção adotadas para se prevenir acidentes, sendo considerados complementos e não substitutos das medidas de proteção coletivas necessárias para a garantia da segurança e saúde dos trabalhadores.

*“As manutenções preventivas e corretivas devem ser registradas em livro próprio, ficha ou sistema informatizado, com os seguintes dados:*

- a) cronograma de manutenção;*
- b) intervenções realizadas;*

- c) data da realização de cada intervenção;
- d) serviço realizado;
- e) peças reparadas ou substituídas;
- f) condições de segurança do equipamento;
- g) indicação conclusiva quanto às condições de segurança da máquina; e
- h) nome do responsável pela execução das intervenções”.

107

O questionário *checklist* de aplicação desta norma é apresentado no Quadro 8.

### . NR-17: Ergonomia

O profissional de ar-condicionado deve seguir a NR-17 nos trabalhos de manutenção. Para tal, deve planejar o trabalho, sendo assim, a realização do laudo ergonômico ou avaliação ergonômica devem ser parte do trabalho.

Para realização desta atividade de acordo com a NR 17, o profissional deve localizar os componentes que devem ser trocados, há uma predileção pelas partes baixas nas condensadoras. Daí tem-se a importância de um projeto bem realizado.

Já os ventiladores, serpentinas e aletadas de forma geral localizam-se na parte superior, exigindo que os profissionais tenham condição de trabalhar em uma altura confortável não prejudicando seus músculos, com isso diminuindo o risco de lesão.

Quadro 8 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-12 no ambiente de estudo

Ordem	Questões a observar:
42	Verificação de espaço entre condensadoras para deslocamento e manutenção.
43	Equipamento sobre superfície plana e antiderrapante com escoamento de águas (pluvial e limpeza)
44	Chave geral como dispositivo de partida e parada
45	Chaves tipo faca nos circuitos elétricos
46	Inspeção visual de partes elétricas expostas
47	Emissão de radiações ionizantes
48	Inspeção com pirômetro a laser de radiações não ionizantes
49	Avisos de segurança de eletricidade, partes quentes ou móveis
50	Consultar a Análise de Risco
51	Consultar a plaqueta de identificação ou manual do equipamento
52	Verificar as medidas de proteção coletiva
53	Verificar a estabilidade dos condensadores em trabalho
54	Verificar a fundação e fixação dos condensadores em trabalho
55	Verificar a porta fechada de acesso ao quadro de energia
56	Verificar no visual a identificação dos circuitos elétricos no quadro
57	Inspeção visual do quadro elétrico limpo e livre de objetos estranhos

**Ordem**

**Questões a observar:**

58	Verificar no físico a parada de emergência das condensadoras
59	Consultar o livro de manutenção preventiva e corretiva e fazer registro

Fonte: Autor (2021)

108

Os equipamentos dos sistemas refrigeração em sua instalação, podem variar de altura, por exemplo, em um Centro de Processamento de Dados (CPD) 2,5 m em comparação a um salão de convenções 10,0 m. Isso, pode acarretar mais ou menos condições inseguras de trabalho. A maior parte dos trabalhos é realizada nos terraços de edifícios, shoppings, hipermercados, aeroportos, em áreas abertas sujeitas a intempéries (chuvas, poluição atmosférica, vento, raios solares, dentre outros). Quanto ao carregamento e transporte de componentes, quando forem pesados e retirados para manutenção no local e retornados ou substituídos em definitivo, se mal transportados trazem problemas às articulações, à coluna vertebral, dentre outras partes do corpo humano. Nesse caso, utilizam-se paleteiros ou elevadores hidráulicos no local. O questionário *checklist* de aplicação desta norma é apresentado no Quadro 9.

Quadro 9 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-17 no ambiente de estudo.

**Ordem**

**Questões a observar:**

60	Verificar a Ergonomia dos técnicos em refrigeração pelo supervisor
61	Consultar o clima antecipadamente para evitar intempéries no dia do trabalho externo.
62	Verificar o transporte de insumos e peças de reposição por 1 (um) trabalhador
63	Verificar o transporte de ferramentas diversas
64	Verificar o transporte de detritos de obra e seu descarte.
65	Certificar da presença de trabalhadores acima de 18 anos
66	Verificar a existência de iluminação natural
67	Pausa para descanso no almoço
68	Medir temperaturas locais com termo-higrômetros
69	Prevenção a chamada “Síndrome do Edifício Doente”
70	Descarga de água do condensado a parte em relação a água de esgoto

Fonte: Autor (2021)

### . NR-21: Trabalhos a céu aberto

Nos trabalhos realizados a céu aberto, conforme sinalizado na NR-21, deverão existir abrigos, ainda que rústicos, capazes de proteger os trabalhadores contra intempéries, insolação excessiva, calor, umidade e ventos, podendo ser utilizado, por sugestão, o modelo provisório de tenda de quatro apoios a ser fixada no local de serviço. O questionário *checklist* de aplicação desta norma é apresentado no Quadro 10.

Quadro 10 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-21 no ambiente de estudo

Ordem	Questões a observar:
71	Verificar o trabalho no terraço sob intempéries por supervisor
72	Verificar a existência de proteção coletiva em abrigo durante o trabalho

Fonte: Autor (2021)

### . NR-23: Proteção contra Incêndio

A norma NR-23 exige que estejam próximos ao equipamento e a seu quadro elétrico sistemas de incêndio e contraexplosão. Segundo a norma, os extintores à base de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) são indicados para combate de incêndios classe B (líquidos inflamáveis) e classe C (equipamentos eletrônicos). Já o extintor com pó químico especial é indicado para incêndios de classe D (metais inflamáveis). Esse age por abafamento. O questionário *checklist* de aplicação desta norma é apresentado no Quadro 11.

Quadro 11 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-23 no ambiente de estudo

Ordem	Questões a observar:
73	Verificar a existência de extintores de 6 Kg (CO <sub>2</sub> ) e validade
74	Verificar a existência de mangueiras de incêndio e validade
75	Inspeção e teste de casa de bombas de incêndio
76	Verificar o fácil acesso, visualização e a chama não bloquear os acessos aos extintores e mangueiras em caso de incêndio
77	Verificar no visual área pintada do chão ou parede de vermelho
78	Medir a altura do solo ao extintor
79	Verificar a existência de extintores não localizados nas escadas
80	Verificar e acionar o sistema de alarme de incêndio em teste com aviso prévio aos habitantes da edificação.

Fonte: Autor (2021)

## . NR-35: Trabalho em Altura

Conforme a NR-35, como a instalação de evaporadoras, em sua maioria, é paralela ao teto e essas se encontram no mínimo a 2,0m do solo, considera-se por essa norma um trabalho na altura do instalador, já

110

*“a utilização do cinto do tipo paraquedista com talabarte, cabo guia e sistema trava-quedas o chamado SPIQ é primordial nesta etapa pelo técnico em refrigeração com a capacitação realizada nesta norma e certificado por profissional de Segurança do Trabalho. A análise de risco (AR) deve preceder ao início do trabalho com várias considerações. Os trabalhos não rotineiros devem ter também uma permissão de trabalho (PT).*

*As escadas devem estar em perfeitas condições de uso, ser bem apoiadas ou amarradas quando em uso, quando não for possível amarrá-las, devem ser seguras por outro colaborador evitando o desequilíbrio do companheiro de trabalho;*

*A escada de abrir com travamento central não pode ter altura superior a 6 (seis) metros quando fechada deve ser rígida, estável e provida de dispositivos que a mantenha com abertura constante”.*

Não utilizar escadas metálicas e andaimes para trabalhos envolvendo manuseio de quadros elétricos, passagem de cabos energizados ou qualquer outra atividade que envolva energia elétrica, desde que o mesmo seja confeccionado de material isolante, comum em trabalhos de alta tensão em subestações. O uso de andaimes metálicos também pode vir a acontecer para acesso às máquinas (condensadoras e evaporadoras), na substituição do uso de escadas retráteis e até mesmo plataformas elevatórias.

*“Os andaimes deverão suportar a carga prevista e estar uniformemente distribuída. Para isto, a contratante deverá disponibilizar à contratada, o tipo de material a ser trabalhado e seu peso, para que seja dimensionada a montagem do andaime;*

*Para andaimes que tenham de suportar peso acima de 500 Kg, a empresa contratada deverá recolher Anotação de Responsabilidade Técnica (ART), assinada por engenheiro responsável;*

*As tábuas utilizadas deverão possuir no mínimo 25 mm, de espessura, ser isentas de trincas e nós e estar devidamente travadas para evitar deslizamentos, e completarem totalmente o assoalho do andaime, não deixando aberturas.*

*É proibido o deslocamento de andaimes móveis com pessoas ou ferramentas sobre os mesmos.*

*Os andaimes devem conter travamentos diagonais, escada de acesso à plataforma de trabalho cujos pisos estejam situados acima de 1,50 m, dispor de sistema de guarda corpo com altura de 1,20 m, para travessão superior e 0,70 m, para o travessão intermediário, rodapé com altura de 0,20 m, os montantes dos andaimes devem ser apoiados em sapatas sobre base sólida capaz de resistir aos esforços solicitados e as cargas transmitidas;*

*Devem estar amarrados em pontos fixos para que não haja o risco de tombamentos e quedas;*

*Andaimes de quadro não poderão ultrapassar a altura de 6 m”.*



Os profissionais devem ser submetidos a treinamentos teórico e prático, de dois em dois anos, por 8 horas. O questionário *checklist* de aplicação dessa norma é apresentado no Quadro 12.

Quadro 12 – Questionário *checklist* de aplicação da NR-23 no ambiente de estudo

111

Ordem	Questões a observar:
81	Confirmar distância de instalação de evaporadoras acima de 2,0m do solo.
82	Certificado de treinamento dos profissionais em NR-35 teórico/prático.
83	Confirmar o uso ou não de cinto talabarte, cabo guia e sistema trava quedas.
84	Confecção e consulta a Análise de Riscos e Permissão de Trabalho.
85	Verificar o uso de escadas com altura inferior a 6,0m para acessos.
86	Verificar o uso de andaimes metálicos para acessos a equipamentos ou partes pesadas.

Fonte: Autor (2021)

## RESULTADOS E DICUSSÕES

112

Todo processo gerado na instalação e manutenção de sistema de ar-condicionado coloca em discussão a necessidade de se regulamentar os sistemas de climatização. Os principais riscos das atividades envolvidas na implantação de ar-condicionado estão divididos em: físicos, químicos e biológicos. A atuação no setor inclui atividades que exigem atenção. Assim, pelo risco que oferecem, as normas regulamentadoras devem ser observadas, pois servem de passo a passo para minimização dos riscos e diminuição de acidentes ligados às atividades.

A área de estudo se trata de um prédio comercial localizado no centro da cidade do Rio de Janeiro, onde foi instalado um equipamento de médio porte com condensação a ar consagrado no mercado mundial e de origem japonesa *Daikin*, 1982. Com estudos de arquitetura predial moderna foi priorizada a estética para implementação do mesmo, não se desejando acoplar unidades condensadoras em janelas. Assim, foi observada a necessidade de manutenção corretiva, com uma parada total das máquinas após cinco anos de uso contínuo e que atualmente apresentava um desligamento involuntário de todo o sistema de climatização. Devido à necessidade de reparo imediato, uma empresa de manutenção foi acionada para a intervenção que se estendeu por três dias com sua paralisação total, para limpeza externa e interna com produto desengraxante do gabinete e componentes internos, citados segundo Quadro 13.

Durante o período de manutenção utilizou-se água doce do sistema de incêndio predial, tendo sido aproveitado o bombeamento com pressão para vencer uma altura manométrica de 6,0 m para abastecendo de uma lavadora de alta pressão, sem desabastecimento do prédio durante a sua execução. O sistema de incêndio possui um quadro elétrico à parte que nunca se encontra desligado segundo exigência da NR-23 e padrão de projeto elétrico NBR ABNT 5410 (2008).

Após as etapas de lavagem, foram realizadas as medições de parâmetros como pressão (entre 2100 a 4400KPa) e vazão do gás refrigerante R-410A com o instrumento *manifold* digital segundo norma NBR ABNT 16666 (2018), inspeção de detecção de vazamentos de gás no sistema através do regulador de pressão por nitrogênio, temperaturas (entre 35 a 67°C) também levantadas nos componentes em operação com o instrumento pirômetro a laser.

Quadro 13 - Componentes X Causas/Riscos, baseado nas normas NBR ABNT 13598(2018) e 5410(2008)

Componentes	Causas/Riscos ao técnico de refrigeração
<b>Compressor scroll</b>	Peso, transporte e armazenamento com quedas; ao ser pressurizado deve-se ter cuidado com os olhos ao abrir conexões; óleo e gás refrigerante apropriados; mistura ar + óleo é explosiva; o equipamento e tubulações trabalham a quente; importância de desligar os fusíveis antes de manuseá-lo; e vibrações com ruídos nos amortecedores.
<b>Placa eletrônica com cooler</b>	Choque elétrico (para isso devem ser desconectados todos os cabos para limpeza com pincel e limpeza do contato dos microprocessadores; e deve-se verificar sensores e válvulas eletrônicas termostáticas)
<b>Condensador</b>	Peso excessivo, transporte e armazenamento com quedas
<b>Serpentina a ar e aletas</b>	Corte em mãos e/ou braços involuntariamente (tétano) (desamassar com “pente”); e limpeza por biodegradável (risco de alergias respiratórias e nos olhos)
<b>Motor e ventilador</b>	Choque elétrico, enroscos de roupa, cabelo ou estopas/trapos; e ruídos
<b>Tanque de líquido</b>	Exposição e inalação de agente químico (fluido refrigerante)
<b>Separador de líquido</b>	Exposição e inalação de agente químico (fluido refrigerante)
<b>Separador de óleo</b>	Risco de incêndio por centelhas; e trabalha a frio
<b>Tanque de óleo</b>	Queimadura nos membros superiores; e exposição a agente químico (óleo lubrificante)
<b>Pressostatos</b>	Risco de exposição quando da falha deste dispositivo de proteção
<b>Termostato</b>	Risco de curto circuito na ligação e manuseio incorreto
<b>Filtros Secador</b>	Risco de exposição de agente químico (sílica gel) com sufocamento; e entupimento com rompimento atingindo a visão ao retirá-lo
<b>Grades do condensador</b>	Corte em mãos e/ou braços involuntariamente (tétano)
<b>Parafusos</b>	Corte em mãos e/ou braços involuntariamente (tétano)
<b>Gabinete</b>	Corte em mãos e/ou braços involuntariamente (tétano), ruídos, e corrosão
<b>Tubulação</b>	Queimaduras por escape de gás refrigerante frio em trechos sem isolamento; e vibração excessiva
<b>Válvulas diversas</b>	Trabalham em baixas temperaturas; e risco de vazamentos de gás refrigerante (estanqueidade)
<b>Evaporadoras</b>	Peso, transporte e armazenamento com quedas; Trabalho em altura acima de 2,0m; limpeza por biodegradável risco de alergias; necessidade de remoção periódica para manutenção em bancada
<b>Visor de Líquido</b>	Vazamento de refrigerante na visão
<b>Tubos Capilares</b>	Vazamento imperceptíveis de refrigerante na visão; e vibrações excessiva encostando em outros componentes

Fonte: Este quadro foi elaborado a partir de entrevistas com técnicos em refrigeração (2021)

Medição da vazão de ar por anemômetro nas saídas de ar das evaporadoras segundo NBR ABNT 16069 (2018), reaperto dos cabos nos quadros elétricos e na própria máquina com verificação de corrente elétrica e voltagem por alicate volt amperímetro, limpeza físico-química de placas eletrônicas e coolers nas máquinas conforme NBR ABNT 5410 (2008).

Também foi realizada a retirada do isolamento deteriorado das tubulações de gás refrigerante no trecho descoberto, com a recolocação de novos, limpeza dos ventiladores/motores elétricos blindados e por fim parametrização via computador, para atingir faixa de valores correspondentes ao manual do fabricante do modelo VRF Multi V – II Inverter da marca LG de potência 58 HP composto de 5 condensadoras chumbadas no terraço conforme NBR ABNT 16069 (2018) e mais de 30 evaporadoras distribuídas pelas salas, auditório, saguão e laboratório do prédio, interligadas por quase 1 Km de tubulações de cobre, sendo estas evaporadoras de modelos diferentes tipo *hi-wall*, piso teto e cassete cada uma climatizando a temperatura que se deseja regular em controle remoto.

As oito NRs selecionadas para composição do questionário avaliativo apresentaram estatísticas diferentes que definem o ambiente de estudo com aproximadamente 50% de riscos apresentados diante da não aplicação das NRs. O Gráfico 1 traz a estatística de aplicação da NR-06 no ambiente de estudo, mostrando que em maior parte a empresa não atende os quesitos desta norma.

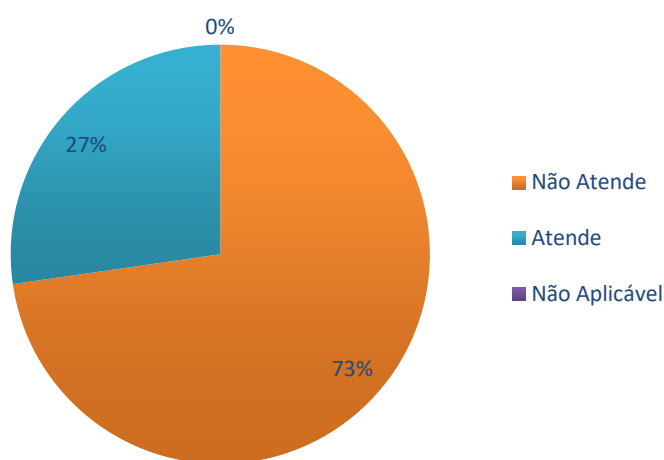


Gráfico 1: Estatística de verificação da NR-06 no ambiente de estudo

A NR-09 traz em sua composição cinco grupos de análise, já descritos na metodologia. Por esse motivo, o Gráfico 2 a seguir, que se refere à aplicabilidade de atenção a essa norma nos diferentes tipos de grupos analisados, promove também uma verificação do emprego de diferentes pontos mostrados dos grupos de aplicação.

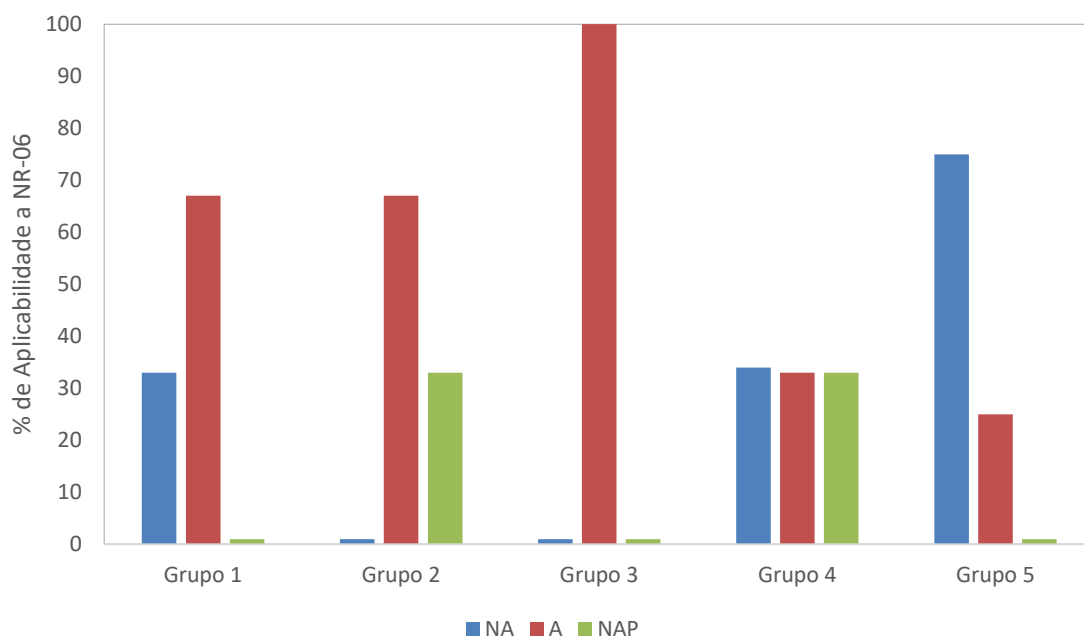


Gráfico 2: Estatística de verificação da NR-09 nos diferentes grupos de aplicabilidade avaliados no ambiente de estudo

Dessa análise, foi constatado que em todo ambiente de trabalho havia exposição a microrganismos nas saídas das evaporadoras do prédio, que as condições ergonômicas estavam sendo parcialmente obedecidas e quanto à adequação à prevenção de acidentes faltava critério na coordenação preventiva, estando as condições do ambiente de trabalho em sua maioria não atendendo às normas de segurança.

O Gráfico 3 traz a estatística de aplicação da NR-10 que trata de segurança em instalações e serviços de eletricidade aplicada no ambiente de estudo, mostrando que grande parte deste quesito é obedecido durante a manutenção observada no ambiente de estudo.

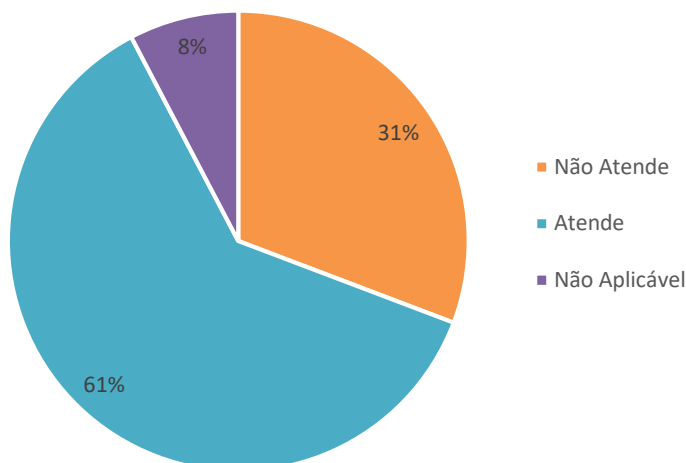


Gráfico 3: Estatística de verificação da NR-10 no ambiente de estudo

A NR-12 e seus anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos. O Gráfico 4 mostra as estatísticas levantadas pelo questionário *checklist* referenciado, realizado na aplicação desta norma no ambiente de estudo.

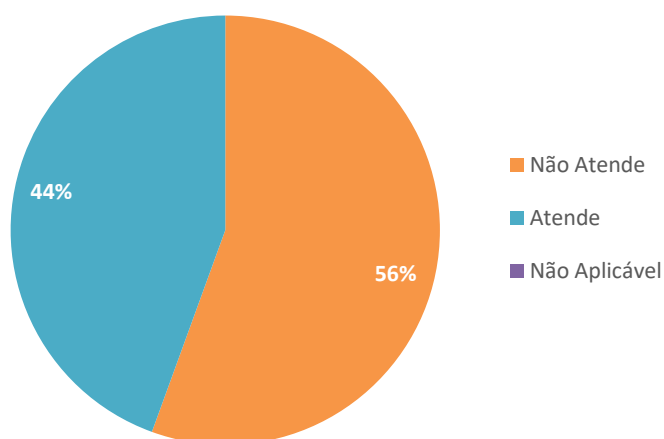


Gráfico 4: Estatística de verificação da NR-12 no ambiente de estudo

Na análise realizada da aplicabilidade da NR 12 – Máquinas e equipamentos, e as atividades de um profissional de refrigeração, constatou-se que os profissionais

desta área não possuem cuidados com a saúde e segurança com máquinas e equipamentos. Com isso, chega-se a uma conclusão preliminar de que as máquinas e equipamentos, mesmo passíveis de falhas e apresentando risco de acidente, não preocupam a empresa e seus profissionais.

A norma NR-17 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. Assim, os critérios apontados pela norma foram mensurados e apresentados no Gráfico 5.

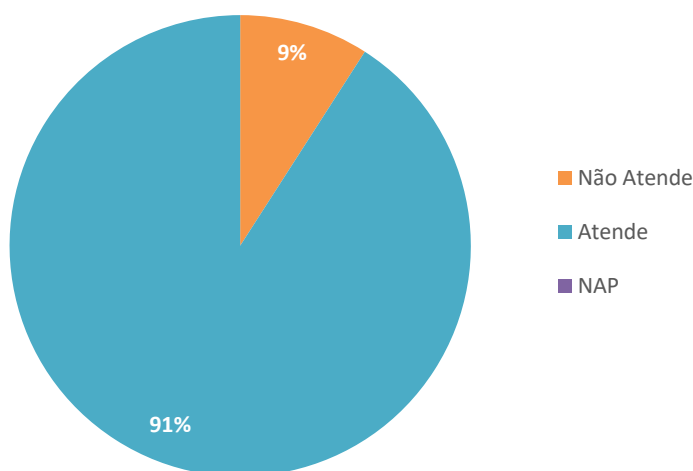


Gráfico 5: Estatística de verificação da NR-17 no ambiente de estudo

Todos os pontos verificados no questionário *checklist* que referenciavam essa norma foram observados e atendidos no ambiente de trabalho estudado, mostrando que os critérios de ergonomia são verificados pelo empregador e existe uma preocupação em atender como forma preventiva as orientações sugeridas e regimentadas pela norma.

A NR 21 -Trabalho a Céu Aberto, é aplicável em sistemas de refrigeração primordialmente em locais com exposição ao tempo. A NR-21 promove as adequações aos padrões de segurança exigidos. O Gráfico 6 mostra as estatísticas de aplicabilidade desta norma no ambiente de estudo.

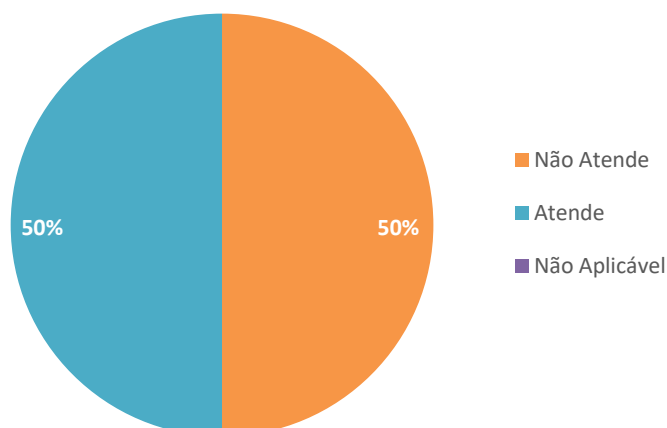


Gráfico 6: Estatística de verificação da NR-21 no ambiente de estudo

No caso do ambiente de estudo, o espaço aberto verificado se tratou apenas de um terraço, em sua maioria o trabalho foi realizado em ambiente fechado. Talvez, devido a essa realidade, as estatísticas puderam avaliar apenas 50% deste ambiente de trabalho. Já a NR-23 que trata da proteção contra incêndios, muito importante no caso de ambientes fechados inclusive, mostra uma adequação bem aceitável na verificação de seus itens normativos, demonstrados no Gráfico 7 abaixo.

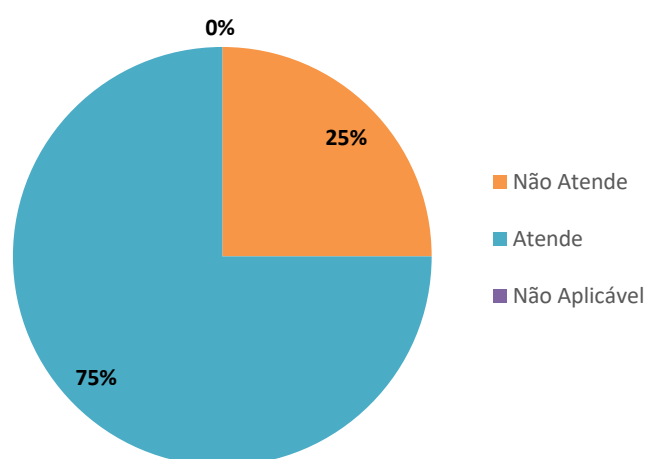


Gráfico 7: Estatística de verificação da NR-23 no ambiente de estudo

A norma NR-35 estabelece os requisitos mínimos e as medidas de proteção para o trabalho em altura, envolvendo o planejamento, a organização e a execução, de forma a garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou



indiretamente com esta atividade. O Gráfico 8 revela as estatísticas de adequação do ambiente de trabalho à essa norma, no local de estudo.

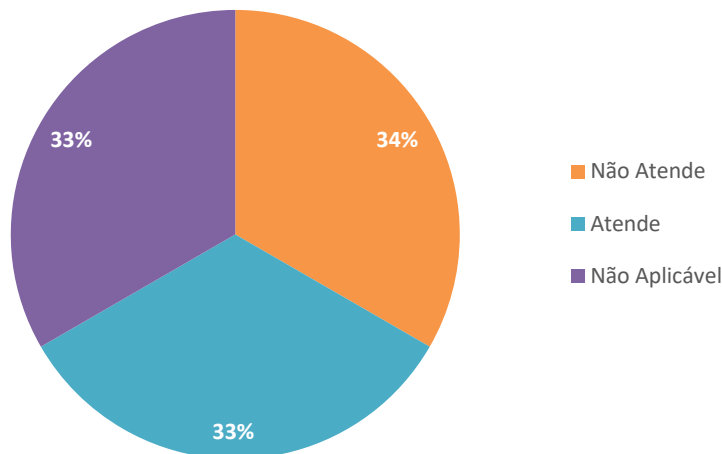


Gráfico 8: Estatística de verificação da NR-35 no ambiente de estudo

Dos 86 itens avaliados no *checklist*, 47 foram atendidos para as normas regulamentadoras abrangidas para ar-condicionado central VRF. A norma mais aplicada trata-se da NR-17 que corresponde a Ergonomia, já a NR-06 que trata de EPI foi a menos aplicada, caracterizando o ambiente de trabalho de alto grau de periculosidade para o empregado. Constatou-se uma preocupação maior da empresa contratada para a manutenção com a ergonomia do trabalho e esforços físicos realizados pelos técnicos em refrigeração ao deslocar-se com insumos/materiais, maleta de ferramentas, equipamentos do veículo da rua ao ar-condicionado central VRF localizado no terraço do prédio com um lance de subida em escada metálica do 4º andar para o terraço, em torno de 6,0 m. O trabalho foi realizado na sua maioria em parte próxima a laje, retirando isolamento térmico colado, raspando trecho de tubulações e colocando um novo isolamento, com recolhimento em sacos de detritos para descarte. Os componentes citados no Quadro 13 das máquinas (condensadoras) também estão localizados nas partes inferiores, exigindo que o técnico trabalhe de cócoras fazendo inspeções e medições, já o clima pouco contribuiu por estar no período de verão com temperatura ambiente próxima aos 40°C somada à da máquina e falta de cobertura provisória no local (EPC) - em contrapartida a uma boa iluminação. Já a preocupação com os EPI e seu uso nas atividades laborais, algo comum por parte das empresas atuantes no setor e cobrado pelos técnicos de refrigeração em

campo, não foi verificada ao longo de todo o período do trabalho, ocorrendo um incidente de queimadura de mão nas tubulações próximas ao compressor scroll, justamente pela ausência de luvas de segurança.

De maneira geral, o estudo revela que o ambiente estudado atende as normas com uma pequena margem de 55%, contra 39% que mostra a não aplicação das normas.

120

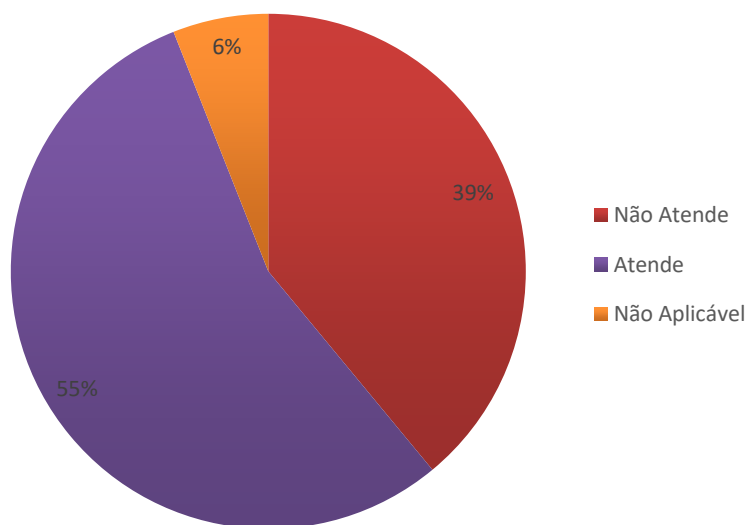


Gráfico 9: Resultado compilado de aplicação das oito NR(s) selecionadas e verificadas no estudo de caso

Para o Gráfico 10 foi considerada a NR-17 Ergonomia (a razão de  $1/11 = 0,09$ , ou seja, um item não atendido ou não aplicável dentro dos 11 questionados), já a NR 06 que trata de EPI, a menos aplicada (a razão de  $8/11 = 0,72$ , ou seja, oito itens não atendidos ou não aplicáveis dentro dos 11 questionados), por exemplo. A relação ficou estabelecida da ordem de mais atendido (A) para o item não atendido (NA) ou não aplicável (NAP).

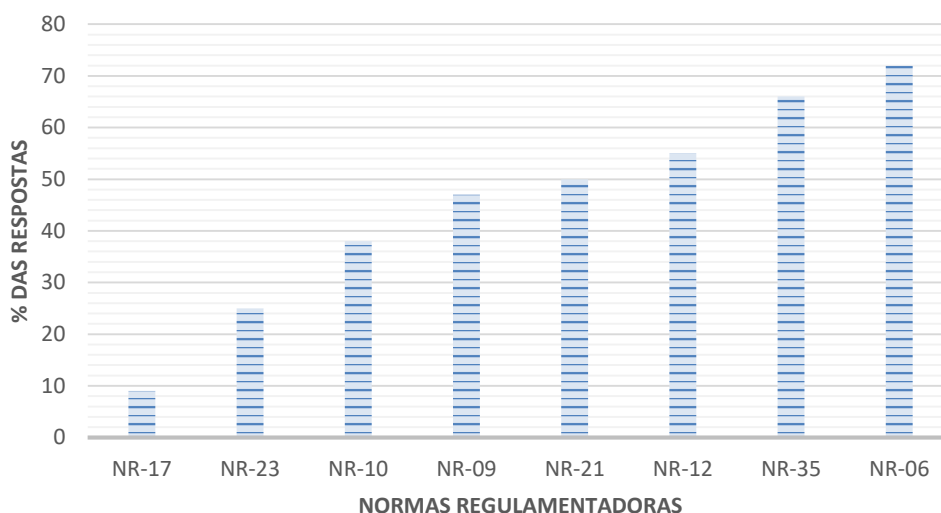


Gráfico 10: Relação das respostas às avaliações promovidas pelo *checklist* considerando se atende ou não atende a norma

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

Conclui-se que o estudo científico aplicado neste artigo pode ter replicabilidade nas manutenções de ares-condicionados centrais modelo VRF, o que é relevante na SST do técnico em refrigeração, pois contempla todas as NRs aplicadas ao setor. Para corroborar, também foram utilizadas as NBRs ABNT de forma a orientar tecnicamente o profissional da manutenção preventiva e corretiva.

Na aplicabilidade, foi observado que todas as normas foram atendidas ressaltando a NR-17 sobre ergonomia que teve maior aplicação, quase na sua totalidade, indicando que essa temática é a mais crítica, e conseqüentemente a mais geradora de problemas de saúde do trabalhador. Recomenda-se precauções para qualquer tipo e tamanho de ar-condicionado, principalmente o central modelo VRF e a realização de laudo ergonômico ou análise ergonômica.

## REFERÊNCIAS

ABNT, N. 9001: 2008. Sistemas de gestão da qualidade—Requisitos.

Apostila SENAI – Mecânico de Refrigeração Domiciliar II – Procedimentos de Soldagem, 2018.

122

AYNUR, T. N. Variable refrigerant flow systems: A review. **Energy and Buildings**, 42(7), 1106-1112, 2010.

CHOI, J. M., KIM, Y. C. (2003). Capacity modulation of an inverter-driven multi-air conditioner using electronic expansion valves. **Energy**, 28(2), 141-155, 2008.

EPE - Empresa de Pesquisa Energética – Brasil. **Balanco Energético Nacional 2019: Ano base 2018** / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro, 2019.

IEA - International Energy Agency. The Future of Cooling: Opportunities for energy-efficient air conditioning. OECD/IEA: Paris, 2018.

### **Bibliografia Consultadas - Normas ABNT e NR:**

NBR 13598, 2018, ABNT – Vasos de pressão para refrigeração

NBR 5410, 2008, ABNT – Instalações elétricas de baixa tensão

NBR 16401-1, 2008, ABNT – Instalações de ar-condicionado – Sistemas centrais e unitários - Projeto das Instalações

NBR 16069, 2018, ABNT – Segurança em sistemas de refrigeração

NBR 16666, 2018, ABNT – Fluidos frigoríficos – Designação e classificação de segurança

NBR 5419, 2020, ABNT – Sistemas de refrigeração e bombas de calor – Segurança e requisitos ambientais. Parte 1 – Definições, critérios de classificação e seleção e Parte 3 – Local de instalação.

NBR 13971, 2014, ABNT – Sistemas de refrigeração, condicionamento de ar, ventilação e aquecimento – Manutenção programada.

Norma Regulamentadora – NR 06 – Equipamento de Proteção Individual

Norma Regulamentadora – NR 09 – Avaliação e Controle das Exposições Ocupacionais a Agentes Físicos, Químicos e Biológicos

Norma Regulamentadora – NR 10 – Segurança em Instalações Elétricas e Serviços em Eletricidade.

Norma Regulamentadora – NR 12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos

Norma Regulamentadora – NR 17 - Ergonomia

Norma Regulamentadora – NR 21 – Trabalho a Céu Aberto

Norma Regulamentadora – NR 23 – Proteção contra Incêndios

Norma Regulamentadora - NR 35 – Trabalho em altura