

**ANÁLISE CRÍTICA E PROPOSTAS DE MELHORIAS NA GESTÃO DA  
MANUTENÇÃO DAS INSTALAÇÕES  
QUE CONDUZEM O FUNCIONAMENTO DA CENTRAL DE ÁGUA GELADA EM  
UM SHOPPING CENTER NA REGIÃO DO TRIÂNGULO MINEIRO**

*Caio Carvalho Santana<sup>1</sup>*  
*caiocsantana@edu.uniube.br*

*Hégreth Dali Tirloni<sup>2</sup>*  
*hegreth\_tirloni@hotmail.com*

*Wagner Cardoso<sup>3</sup>*  
*wagner.cardoso@uniube.br*

*Marcio Toshiaki Uehara<sup>4</sup>*  
*marciotoshiakiuehara@hotmail.com*

**RESUMO**

O presente trabalho tem por objetivo estudar e conhecer as melhores práticas de criação, planejamento e acompanhamento da Gestão da Manutenção, em um Shopping Center localizado na região do Triângulo Mineiro, que possam conduzir a uma melhor eficiência dos equipamentos e instalações que compõem a Central de Água Gelada (CAG). Para isso, é necessária uma revisão sobre as boas práticas usadas em manutenção, aliada a pesquisa de campo para levantamento de dados, e ferramentas de análises e de melhorias que conduzem a possibilidade de redução em 84% dos tempos de paradas. Alcançando a conclusão de que a Gestão da Manutenção é relevante para a eficácia de um negócio, sobretudo nas instalações estudadas.

**Palavras-chave:** Gestão da manutenção. Central de Água Gelada. Shopping Center.

**CRITICAL ANALYSIS AND PROPOSALS FOR IMPROVEMENTS IN THE  
MANAGEMENT OF FACILITIES MAINTENANCE  
THAT CONDUCT THE OPERATION OF THE COLD WATER PLANT IN  
A SHOPPING CENTER IN THE TRIÂNGULO MINEIRO REGION**

**RESUME**

The present work aims to study and know the best practices of creation, planning and monitoring of Maintenance Management, in a Shopping Center located in the Triângulo Mineiro region, which can lead to a better efficiency of the equipment

---

<sup>1</sup> Graduando em Engenharia de Produção na Universidade de Uberaba

<sup>2</sup> Graduando em Engenharia de Produção na Universidade de Uberaba

<sup>3</sup> Orientador da Universidade de Uberaba, graduado em Engenharia de Produção e Mestre em Engenharia de Produção

<sup>4</sup> Coorientador da Universidade de Uberaba, graduado em Engenharia de Manutenção e Mestre em Estratégia de Manutenção

and installations that make up the Cold Water Plant (CWP). For this, it is necessary to review the good practices used in maintenance, combined with field research for data collection, and analysis and improvement tools that lead to the possibility of reducing downtime by 84%. Reaching the conclusion that Maintenance Management is relevant to the effectiveness of a business, especially in the facilities studied.

**Keywords:** Maintenance management. Cold Water Plant. Shopping Center.

## 1. INTRODUÇÃO

A redução de perdas e dos custos das atividades produtivas, ou de serviços, é essencial para que as organizações se mantenham competitivas, esses conceitos estão claramente inseridos dentro das empresas, uma vez que influenciam diretamente os aspectos de desempenho dos processos produtivos, tais como: entregas rápidas ao cliente, fabricação de produtos sem defeitos, manutenção dos prazos de entregas, oferta de um mix de produtos para satisfazer as necessidades do cliente e habilidade para alterar volumes ou prazos de entrega, conforme a demanda. E dessa forma, a indisponibilidade dos equipamentos e as perdas de produtividade devem ser minimizadas, para que as indústrias produzam e atendam suas demandas (LUSTOSA et al, 2008).

No século XVIII com a Primeira Revolução Industrial, que trouxe a introdução das máquinas a vapor e maquinaria bruta, os números de produção se alavancaram, junto ainda a Segunda Revolução Industrial que se iniciou na segunda metade do século XIX e estendeu-se a meados do século XX, impactando mais a industrialização, a capacidade produtiva e tecnológica, além da velocidade de peculiaridades. Contudo, com este impulsionamento se fez necessária a presença de equipamentos cada vez mais sofisticados e de alta produtividade, culminando na exigência de a disponibilidade dos mesmos ir às alturas, os custos de inatividade ou de subatividade também se tornaram altos. Ainda na linha de pensamento de Viana (2008), se faz necessário o uso de tais equipamentos e instrumentos de forma racional e produtiva. Baseando nesse contexto, criando assim novas ideias de técnicas de organização, planejamento e controle nas organizações, ou seja, uma grande revolução no gerenciamento de atividades, a chamada Gestão da Manutenção.

Os sistemas de gerenciamento para as áreas de manutenção são sustentados pelos compromissos entre os níveis estratégicos, táticos e operacionais das

organizações, sejam elas de pequeno, médio ou grande porte. Podendo citar os sistemas *Total Productive Maintenance* (TPM), *Reliability-Centered Maintenance* (RCM), *Condition Based Maintenance* (CBM), *Computerized Maintenance Management Systems* (CMMS), *Effectiveness Centered Maintenance* (ECM), *Strategic Maintenance Management* (SMM) ao *Risk Based Maintenance* (RBM) que tem por objetivo, proporcionar uma visão de futuro aos processos gerenciais, bem como gerar valor para clientes internos e externos.

Segundo Kardec e Nascif (2009), a Gestão da Manutenção é uma concepção, que quebra paradigmas como ficar consertando continuamente para procurar causas básicas, permanecer com situações de mau desempenho, continuar vivendo com problemas crônicos, não melhorar padrões e sistemáticas e não interferir diretamente em compras específicas, aplicando técnicas modernas, nivelando a manutenção ao mesmo ponto de produtos e processos de qualidade.

De forma objetiva, a Gestão da Manutenção em Shopping Centers está diretamente ligada à preservação e valorização do empreendimento, por reparos e substituições de instalações físicas, elétricas, prediais e mecânicas, fornecendo adequada ambientação para a relação entre lojista e consumidores, reduzindo o risco de responsabilidade e conduzindo a uma melhor eficiência energética. Sendo, desta forma, o caminho para a minimização de ocorrências diversas, encontradas no empreendimento, sobretudo, na Central de Água Gelada, local escolhido para a realização do projeto, que é um sistema amplamente utilizado em processos de resfriamento, sendo destinado para aplicações de ar condicionado para conforto térmico ou para processos industriais. Por tal caracterização e importância, esse artigo visa estudar e conhecer as melhores práticas de criação, planejamento e acompanhamento da Gestão da Manutenção.

O objetivo de uma maneira geral deste artigo é conhecer teoricamente as melhores práticas da Gestão da Manutenção e propor um estudo de forma exploratória atrelada a realidade da empresa parceira na realização do mesmo, de modo a aprofundar os conhecimentos em campos de pesquisa e gestão, abordando conceitos adquiridos de forma bibliográfica com a absorção de informações no campo de trabalho.

De modo mais específico, descrever o atual processo de refrigeração e propor melhorias com base nas boas práticas presentes na Gestão da Manutenção, logo que sua importância se une ao fato de buscar a redução de horas causadas por paradas

e falhas inesperadas. Com o propósito de avaliar os métodos de manutenção, junto com análise de quebras e falhas (FMEA – Failure Mode and Effect Analysis), fazendo o uso de ferramentas como tagueamento, codificação e criticidade dos equipamentos, assim, acompanhando Diagrama de Ishikawa para identificação da causa raiz. Criando de tal forma um levantamento de boas práticas de manutenção e ferramentas estudadas cientificamente, que possam conduzir a uma melhor eficiência das instalações que compõem a Central de Água Gelada do empreendimento.

Para qualquer organização que pense em vantagem competitiva ou em geração de lucro, através da redução de custos, os serviços de manutenção assumem papel importante na organização. Qualquer ativo está sujeito a deterioração, como uma planta, equipamento, instalação ou ferramenta seja por mau uso, mau funcionamento ou apenas por desgastes e tempo de uso, o que significa o rompimento das suas condições ideais de funcionamento além da ruptura em seu tempo de vida útil, impedindo o profissional a exercer sua devida função.

E em especial, no ramo de Shopping Centers a manutenção é de suma importância porque o setor é responsável por toda estética e funcionamento do empreendimento e o objetivo é fazer com que o mesmo sempre esteja em perfeitas condições, atingindo de maneira positiva o cliente final.

Dentro desse contexto a proposta do tema apresentado, estuda as condições de funcionamento da Central de Água Gelada em um empreendimento na região do Triângulo Mineiro, a fim de se compreender o estado atual das instalações e equipamentos e a partir disso, prover possíveis ferramentas e boas práticas aliadas a Gestão da Manutenção, que possam garantir um melhor aproveitamento e eficiência da unidade, que abastece todo o sistema de refrigeração do ambiente.

Para a realização da implantação dos conceitos teóricos abordados, em primeira ordem, foi necessário um levantamento no local para avaliar a situação ambiente e ouvir opiniões de pessoas que convivem diariamente com a área de desenvolvimento. E essa análise foi necessária para definir os problemas existentes e levantar a melhor forma de aplicar ferramentas para auxiliar o gerenciamento das instalações.

Tal levantamento, indica que o projeto apresenta a pesquisa exploratória quantitativa, contendo o levantamento bibliográfico, entrevistas com pessoas que possuem experiência no setor estudado, e a análise de exemplos que estimulam a compreensão, e sua importância é relativamente ligada a definição de problemas

existentes, e com a oportunidade de se oferecer técnicas que possam apresentar formas de melhorias, muito baseadas em métodos teóricos já criados e avaliados cientificamente. Usando ainda a compreensão de fenômenos através da coleta de dados, apontando possíveis comportamentos e ações, quantificando um problema por meio da geração de dados que são transformados em leituras utilizáveis.

## **2. A GESTÃO DA MANUTENÇÃO**

As empresas industriais, por décadas, se concentraram apenas na produção, ignorando a função de manutenção, considerada um mal necessário. Mas ultimamente, os gerentes industriais estão dando a devida importância aos trabalhos de manutenção (DAN-FLORIN, 2015).

A Gestão da Manutenção se consolida como uma forma estratégica, visando as possibilidades de aceitabilidade dos mecanismos e das ferramentas, procedimentos operacionais padrão de manutenibilidade e de confiabilidade, sendo o caminho certo à minimização da ocorrência de desvios de execução de tarefas para o bom funcionamento dos processos. E dentro das características relevantes, neste capítulo são abordadas, de acordo com as leituras bibliográficas, os conceitos e aquilo que se compreende por Gestão da Manutenção, seguido de sua evolução histórica, de sua forma usada como estratégia para as organizações e ainda os tipos mais conhecidos e usados, aliada as suas boas práticas e suas respectivas contribuições.

### **2.1. Conceituação da Gestão de Manutenção**

Dentro dos cenários atuais que as organizações atravessam, fatores como o seu poder de competição e a geração da maior lucratividade possível são premissas que as levam a definir sua sobrevivência, se tornando uma necessidade a geração de bons resultados. Segundo Branco Filho (2008), a manutenção existe porque é impossível seguir em atividades diárias sem a realização de reparos, visando a prestação de uma forma eficiente, produtiva, eficaz e ordenada. E para isso é preciso conter em times de manutenção pessoas com habilidades em organização, senso de previsão e estabelecimento de prioridades, além de planejamento, e a junção de recursos necessários no momento e quantidades adequadas, visando o custo resultantes dos diversos fatores, sendo capaz de escolher pelo melhor, assim aumentando sua competitividade e a geração de lucros.

O homem de manutenção prudente antevê as dificuldades e se prepara para elas; o simplório vai ao encontro delas cegamente e a empresa sofre as consequências. O homem sábio vê longe. O tolo tenta enganar a si próprio, não enfrenta a realidade (BRANCO FILHO, 2008, pg. 3).

Barriento e Achcar (2018) retratam que a Gestão da Manutenção é focada no monitoramento de várias ações, com base em indicadores para todo o processo de manutenção, contudo ainda existem falhas e desvios aos planos originais, que surgem a partir da incerteza da fase do planejamento, a falta de mecanismos e ativos da empresa, que impedem a conclusão da manutenção programada, deixando a desejar em pontos cruciais como a qualidade e custos.

Espinosa et. al. (2008), definem que os processos associados à gestão da manutenção devem ser inovadores, metódicos e planejados, e devem estar alinhados com os objetivos e necessidades da própria organização, minimizando os custos diretos e indiretos associados. Branco Filho (2008), completa que a Gerência de Manutenção é um conjunto de atos, normas e instruções de procedimentos pertinentes a um sistema de manutenção, que dá o objetivo de organização para equipes como um todo e tem por finalidade a definição de metas e objetivos através de procedimentos e de trabalho para que se possa ter um melhor aproveitamento em termos financeiros, humano, material e maquinário.

## **2.2. Evolução da Manutenção**

Surgiram as primeiras técnicas de planejamento de serviços por volta de 1900, com Taylor e Fayol, porém, a afirmação da necessidade absoluta da manutenção só foi alcançada durante a Segunda Guerra Mundial, período em que ocorreu o que Viana (2008), caracteriza como um “fantástico desenvolvimento de técnicas de organização, planejamento, e controle para tomada de decisão”. Alia-se a essas técnicas de um plano, conceitos de produção em tecnologia de ponta, excelentes recursos humanos, programas consistentes de qualidade e produtivos competitivos para que as organizações suportem o atual estágio do capitalismo, permitindo que as mesmas tenham condições de sobrevivência.

Kardec e Nascif (2009), dividem a evolução da manutenção em quatro gerações:

- A Primeira Geração corresponde ao período anterior a Segunda Guerra Mundial, quando a indústria ainda era pouco mecanizada. Aliado ainda a isso,

na época a questão de produtividade não era prioritária, e tão pouco a necessidade de se aplicar a manutenção sistemática, focando em apenas lubrificação e reparos pós quebras, no que viria ser chamado de manutenção corretiva anos após. A competência exigida era somente executar o reparo necessário.

- Seguindo com a Segunda Geração, logo após a Segunda Guerra Mundial, entre os anos de 1950 e 1970, a necessidade e a pressão do período pós guerra se tornaram altíssimos. Demandas por produtos de todo o tipo, ligada ao mesmo tempo, com a pouca mão de obra do momento impulsionou o desenvolvimento da mecanização e das instalações industriais. Dentro desse contexto, começaram também a surgir os primeiros pontos de maior disponibilidade e de confiabilidade, buscando a alta produtividade baseada na premissa que falhas deveriam ser evitadas para, alcançando o bom funcionamento das máquinas, resultando na chamada manutenção preventiva. Como consequência os custos de manutenção também se elevaram junto a outros custos operacionais, e esse fato fez com que surgisse formas de planejamento e controle da manutenção, que ainda hoje, integram a manutenção moderna;
- A chamada Terceira Geração, ocorreu a partir de 1970, acelerando-se devidamente a partir da percepção em que a paralisação da produção diminuiu drasticamente a capacidade e a qualidade, além do significativo aumento de custos. Nesse momento a manufatura mundial adotava sistemas just-in-time, e o crescimento da automatização e da mecanização indicavam evolução nos níveis de confiabilidade e disponibilidade atingindo diferentes setores como saúde, processamento de dados, telecomunicações e gerenciamento de edificações
- Os resultados continuaram a ser positivos, porém a necessidade de melhorias, alavancaram a criação da Quarta Geração, tendo como base ainda a Terceira Geração com as ferramentas de manutenção preditiva e os conceitos de disponibilidade e confiabilidade, aliados a consolidação das atividades de Engenharia de Manutenção que destacavam a prática de análises de falhas. Com o intuito de intervir cada vez menos na planta a manutenção preditiva e o monitoramento de condição dos equipamentos e do processo se fortaleceram e criaram condições para que novos projetos

fossem desenvolvidos sobretudo para privilegiar aspectos de confiabilidade, disponibilidade, custo, e tempo de vida útil de um equipamento.

Nos últimos 30 anos a atividade de manutenção tem passado por várias mudanças, segundo Kardec e Nascif (2009), essas alterações são relacionadas ao aumento de diversidade e números de itens físicos como instalações e equipamentos que precisam ser mantidos, além da existência de projetos mais complexos, novas técnicas de manutenção, e novos enfoques sobre organização e novas formas de tratar a manutenção como ponto estratégico de uma organização. Tais alterações que exigem novas habilidades das pessoas relacionadas ao meio, desde gerentes até executantes, criando uma crescente conscientização de quanto uma falha afeta a segurança e o meio ambiente, relacionando a qualidade e manutenção. A seguir vem a figura 1, representando melhor a evolução da manutenção.

EVOLUÇÃO DA MANUTENÇÃO								
Geração	Primeira	Segunda	Terceira	Quarta				
Ano	1940	1950	1960	1970	1980	1990	2000	2010
<b>Aumento das expectativas em relação a manutenção</b>	. Conserto após falha	. Disponibilidade crescente . Maior vida útil do equipamento	. Maior confiabilidade . Maior disponibilidade . Maior relação custo-benefício . Preservação do meio ambiente	. Maior confiabilidade . Maior disponibilidade . Maior relação custo-benefício . Preservação do meio ambiente	. Maior confiabilidade . Maior disponibilidade . Preservação do meio ambiente . Segurança . Influir nos resultados do negócio . Gerenciar os ativos			
<b>Visão quanto a falha do equipamento</b>	. Todos os equipamentos se desgastam com a idade e, por isso, falham	. Todos os equipamentos se comportam de acordo com a curva da banheira	. Os 6 padrões de falhas	. Reduzir drasticamente as falhas dos 6 padrões				
<b>Mudança nas técnicas de manutenção</b>	. Habilidades voltadas para o reparo	. Planejamento manual de manutenção . Computadores grandes e lentos . Manutenção preventiva por tempo	. Monitoramento da condição . Manutenção Preditiva . Análise de riscos . Computadores pequenos e rápidos . Softwares potentes . Grupo de trabalho multidisciplinares . Projetos voltados para a confiabilidade . Contratação de mão de obra e serviços	. Aumento da Manutenção Preditiva e Monitoramento da condição . Minimização das manutenções não planejadas . Análise de falhas . Técnicas de confiabilidade . Manutenibilidade . Engenharia de Manutenção . Projetos de melhoria voltados para confiabilidade, manutenibilidade e custo . Contratação por resultados				

Figura 1: Representação da Evolução da Manutenção.

Fonte: Kardec e Nascif (2009, p. 5).



### **2.3. Gestão Estratégica Manutenção**

A ideia de agir de forma estratégica em manutenção se relaciona muito com o fato de existir uma necessidade constante de equipes estarem atentas ao que está acontecendo e uma melhor maneira de se gerenciar esses fatos, se integrando melhor aos processos auxiliando na busca da Excelência Operacional. Segundo Kardec e Nascif (2009), o atual cenário mundial, que apresenta uma economia globalizada e competitiva apresentam novos desafios, aliados a mudanças que ocorrem em alta velocidade. E dentro desse contexto, não existe mais espaço para improvisos e arranjos, tratando como solução a competência, criatividade, flexibilidade, velocidade, cultura de mudança e trabalho em equipe.

A modernidade nesse requisito aclama para uma mudança de mentalidade e posturas nas horas de tomadas de decisões, e para obter uma melhor escolha, a gerência deve ter suas bases fortificadas em uma estrutura que tenha visão de futuro e regida pelas ideias de clientes para obter os mais altos índices de satisfação de produtos e serviços. A manutenção para ser estratégica necessita ser voltada para resultados empresariais, é preciso ser eficiente e eficaz ao mesmo tempo, não basta mais somente reparar, mas também garantir a funcionalidade, aumentando a disponibilidade e reduzindo a probabilidade de perdas ou paradas.

Na visão atual, “a manutenção existe para que não haja manutenção” (Kardec e Nascif, 2009, p. 9). A melhora nos índices de qualidade e produtividade comprovam que o trabalho da área está se valorizando, no qual, as equipes precisam estar cada vez mais qualificadas e equipadas para evitar supostas falhas, justamente, para não ter o dever de corrigir. Junto ainda, na mesma linha de pensamento, existe uma melhora também em relação às organizações e terceiros contratados para a execução de determinadas tarefas, não se pagando mais somente por serviços, mais por soluções.

A quebra de paradigma eleva a resultados positivos no aumento de disponibilidade, faturamento, lucro e segurança, além da redução em demanda de serviços e custos. E para chegar a tal patamar, segundo Kardec e Nascif (2009), são várias as ferramentas e instrumentos que estão a disponibilidade do homem para serem colocadas de forma gerencial, como Círculo de Controle de Qualidade (CCQ), *Total Productive Maintenance* (TPM em português Manutenção Produtiva Total), Reengenharia, Gerência de Rotinas, Gerência pelas Diretrizes, Seis Sigmas, Gestão de Ativos, Confiabilidade, Disponibilidade, Engenharia de Manutenção, Padronização,

5 Sentos, Análise de Riscos, PDCA, entre outros. E tais ferramentas que aliadas práticas *Benchmarking* e *Benchmark* são promissoras.

Considerando a partir da definição sendo *Benchmarking* processo de identificação, conhecimento, e adaptação de práticas e processos excelentes de organizações, de qualquer lugar do mundo, para ajudar uma organização a melhorar sua performance e *Benchmark* uma medida de referência, um nível de performance, reconhecido como padrão de excelência para um processo de negócio específico (KARDEC; NASCIF, 2009, pg.12).

A figura 2 a seguir retrata a gestão estratégica, alinha a algumas premissas que compõem o seu caminho como as boas práticas de manutenção, alinhadas a metas e estratégias de benchmark que colocam a situação atual de uma organização na sua visão de futuro.



Figura 2: Representação da Gestão Estratégica.

Fonte: Adaptado Kardec e Nascif (2009, p. 12).

De forma resumida, proporciona as melhores marcas das empresas vencedoras, possibilitando definição de metas de diferentes prazos, além de analisar e apontar as reais características e diferenças competitivas, chegando a confirmação as chamadas boas práticas, que são os caminhos estratégicos.

Portanto segundo Branco Filho (2008), diz que possuir ferramentas, instalações, equipamentos e ferramentas de alto nível, não significam resultados excelentes. Ainda assim, é necessária a combinação de tais estratégias com a equipe bem treinada e com habilidades técnicas, sendo a melhor maneira de resolver os problemas de manutenção, no qual o risco seja o menor possível e as despesas sejam apenas as necessárias.

## **2.4. Tipos de Manutenção**

Os tipos de manutenção são caracterizados pela maneira de como é feita a intervenção nos equipamentos, sistemas ou instalações. De acordo com Kardec e Nascif (2009), são descritas em seis práticas básicas de manutenção. São elas: manutenção corretiva planejada, manutenção corretiva não planejada, manutenção preventiva, manutenção preditiva, manutenção detectiva e engenharia de manutenção.

Hoje em dia, várias ferramentas adotam no nome a palavra manutenção, mas deve-se observar que essas não são novos tipos de manutenção, porem elas são ferramentas que permite a aplicação dos principais tipos de manutenção. Para Kardec e Nascif (2009), as ferramentas que se destacam são:

- Manutenção Produtiva Total (TPM);
- Manutenção Centrada na Confiabilidade (RCM);
- Manutenção Baseada na Confiabilidade (RBM).

### **2.4.1. Manutenção Corretiva**

Segundo a Norma NBR-5462, a Manutenção Corretiva é a manutenção efetuada após a ocorrência de uma falha, destinada a substituir um item em condições de executar uma função requerida.

A manutenção corretiva tem por objetivo corrigir, restaurar, recuperar a capacidade produtiva de um equipamento ou instalação que tenha interrompido ou diminuído sua capacidade de praticar as funções para as quais foi projetado. A manutenção corretiva é uma ação não programada, basicamente composta por necessidades de manutenção imprevisíveis que não podem ser planejadas e programadas (DHILLON, 2002).

A manutenção corretiva pode ser dividida em duas classes:

- **Manutenção Corretiva Planejada:** a manutenção será executada a uma data posterior a detecção do problema, por decisão gerencial, isto é, pela atuação em função de acompanhamento preditivo ou pela decisão de operar até a quebra (KARDEC; NASCIF 2009).
- **Manutenção Corretiva Não Planejada:** também conhecida com manutenção corretiva emergencial. Este tipo de manutenção acontece após a falha ou

perca de desempenho, porém não pode ser adiada para uma data posterior ou programada (BRANCO FILHO, 2008).

#### **2.4.2. Manutenção Preventiva**

Manutenção preventiva é uma manutenção planejada, baseada nos históricos de quebras do equipamento, ou das revisões periódicas realizadas. A Manutenção Preventiva é a ação executada em equipamentos que ainda executam as suas funções, ou seja, em condições operacionais e dentro de suas especificações, ainda assim que com algum tipo de defeito (BRANCO FILHO, 2008). Sendo assim, essa forma de manutenção é aquela realizada em um equipamento com a intenção de reduzir a probabilidade de ocorrência da falha.

Os principais objetivos da manutenção preventiva são: melhorar a vida útil do equipamento, reduzir as quebras de equipamentos críticos, otimização do planejamento e programação de trabalhos de manutenção, diminuir perdas de produção devido a falhas em equipamento e promover a saúde e a segurança do pessoal de manutenção (SULLIVAN et al, 2010).

A atividade de manutenção preventiva sistemática é aplicada quando a lei de degradação é conhecida. Essa lei diz respeito ao conhecimento sobre a evolução do desgaste do equipamento, seja por tempo transcorrido, quilômetros rodados ou por outra variável. Esse processo ocorre de modo mais acelerado se o equipamento for operado inadequadamente (NUNES, 2001; BRANCO FILHO, 2008).

#### **2.4.3. Manutenção Preditiva**

A manutenção preditiva caracteriza-se pela medição e monitoramento de possíveis falhas, como vibrações, ruídos e temperaturas. Portanto, a equipe de manutenção tende a se programar para intervir nos equipamentos e adquirindo peças para o reparo, assim reduzindo custos com estoque e evitando paradas desnecessárias na produção (MARCORIN; LIMA, 2003; CORRÊA; CORRÊA, 2006).

É importante a análise dos equipamentos para evitar quebras e paradas não programadas, pois a falha não prevista pode ocasionar uma parada do sistema de produção, trazendo grandes prejuízos e perda por produtividade (LAGO, 2007).

Segundo Kardec e Nascif (2009), para adotar a Manutenção Preditiva a algumas condições básicas que devem ser seguidas:

- O equipamento deve permitir algum tipo de monitoramento ou medição;

- Verificar os custos envolvidos, para que possa ser viável;
- As falhas devem ser provenientes de causas que possam ser monitoradas e permitindo um acompanhamento;
- Seja determinado um programa de acompanhamento, análise e diagnóstico.

#### 2.4.4. Manutenção Detectiva

A Manutenção Detectiva é definida como sendo a atividade que visa identificar as causas de falhas e anomalias, visando auxiliando nos planos de manutenção, com o objetivo de chegar na origem do problema, e não apenas nos sintomas do mesmo (GOMIDE et al, 2006).

De acordo com Moubray (1997), em sistemas industriais modernos 40% das falhas ocorridas são classificadas como ocultas e 80% dessas falhas requerem uma averiguação, ou seja, aproximadamente um terço das tarefas sejam detectivas.

#### 2.4.5. Engenharia de Manutenção

A Engenharia da Manutenção desempenha o seu papel em processos como: Desenvolvimento de Novas Tecnologias, Controle de Indicadores de Desempenho, Gerenciamento de Informações, Gerenciamento e Peças de Reposição, Compras, Controle de Custo e Gestão de Pessoas.

Segundo Kardec e Nascif (2009), as principais atribuições da Engenharia de Manutenção são de acordo com a quadro 1 abaixo.

Quadro 1: Atribuições da Engenharia de Manutenção.

Aumentar a confiabilidade	Aumentar a disponibilidade	Melhorar a manutenibilidade
Aumentar a segurança	Eliminar problemas críticos	Solucionar problemas tecnológicos
Melhorar a capacitação de pessoas	Controle de estoques	Participação de novos projetos
Oferecer suporte à execução	Fazer análise de falhas e estudos	Acompanhar indicadores com elaboração de planos e inspeção

Fonte: Adaptado Kardec e Nascif (2009), p. 50.

Ainda segundo Kardec e Nascif (2009), a Engenharia de Manutenção é o suporte técnico da manutenção, consolidando a rotina e implantando melhorias. A figura 4 a seguir mostra como a engenharia de manutenção consolida todo processo de manutenção.

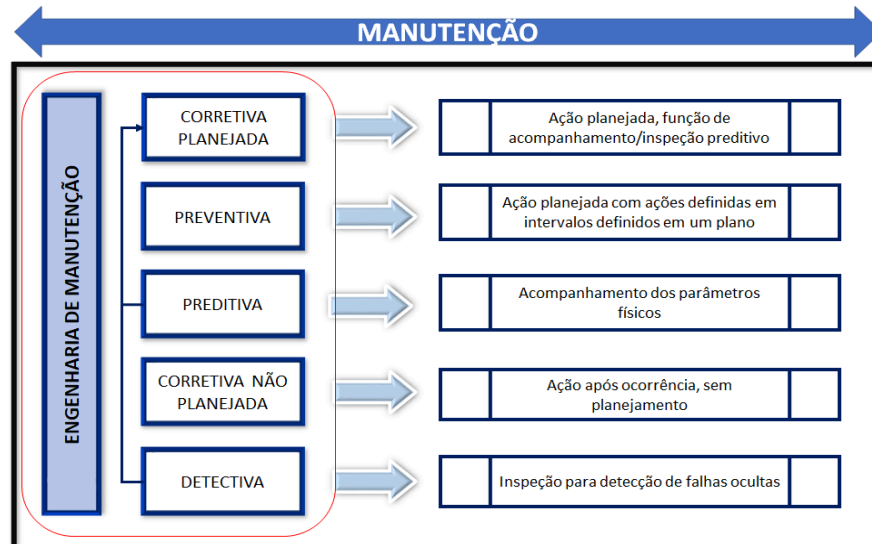


Figura 4: Definição da Engenharia de Manutenção.

Fonte: Adaptado Kardec e Nascif (2009), p. 38.

## 2.5. Melhores Práticas de Manutenção

Para atingir as metas planejadas, é necessário implantar nas organizações um plano de ação suportado, conhecido como caminho estratégico. A questão fundamental não é, apenas, conhecer quais são as melhores práticas, mas ter a capacidade de liderar a sua implementação de uma forma rápida (KARDEC e NASCIF, 2009).

Kardec e Nascif (2009), descrevem algumas melhores práticas de gestão de manutenção:

- Os gerentes e supervisores em diversos níveis, para liderar os processos de treinamento, implementação e auditorias das melhores práticas;
- Utilização de pessoas qualificadas para a função;
- Eliminação de falhas, através da análise da causa raiz, acompanhada de esforços de reparo com qualidade;
- Ênfase na manutenção preditiva acompanhada aos *softwares* de diagnósticos;
- Adoção de programa de Manutenção Produtiva Total – TPM.

O TPM propõe a atividade da manutenção produtiva com a participação de todos os funcionários da empresa, desde o operário até o nível de presidente. TPM também inclui técnicas de Manutenção Preditiva, ou seja, faz o uso de ferramentas que possibilitam diagnóstico preliminar das máquinas e equipamentos (TAVARES, 1996).

## **2.6. Planos de Manutenção Preventiva e Preditiva**

A elaboração de planos de manutenção é essencial para a compreensão de qual tipo de manutenção e do intervalo mais adequado a cada equipamento. Assim, possibilitando definir a melhor estratégia de manutenção, evitando a aplicação de atividades desnecessárias, que contribuem para desperdício de tempo e contribuem com o aumento de custos para a empresa. Vale ressaltar que os planos de manutenção são baseados em análises qualitativas, essas questões, como condições de acesso aos equipamentos, recomendações apresentadas em normas e regulamentos, treinamento do pessoal de manutenção e outras atividades programadas para o mesmo equipamento também devem ser consideradas (MENDES; RIBEIRO, 2013).

Os planos de manutenção preventiva devem ser aplicados quanto maior for a facilidade de reposição, quando os custos por falhas são elevados, quando as falhas prejudicam a produção e quando está comprometido as falhas na segurança pessoal e operacional. Por outro lado, a manutenção preventiva proporciona um conhecimento prévio, permitindo condições de gerenciamento das atividades e nivelamento dos recursos, além de ter um controle de materiais. Por sua vez, a necessidade de retirada do equipamento ou sistema de operação para execução dos serviços programados (KARDEC; NASCIF, 2009).

Ainda segundo Kardec e Nascif (2009), destaca alguns pontos negativos em relação a manutenção preventiva, são eles, falha humana, falha de sobressalentes, danos durante partida e parada, falhas dos procedimentos de manutenção e contaminação no sistema de óleo.

Contudo os planos de manutenção preditiva consideram cada máquina individualmente, gerando o acompanhamento de diversos parâmetros. A utilização de um programa de manutenção preditiva evita danos aos equipamentos e sistemas que correspondem a estes. Esta redução dos danos aumenta o tempo de operação do equipamento e conseqüentemente melhorar seus índices de confiabilidade,

disponibilidade e custos, que são os pilares essenciais de uma gestão eficaz da manutenção (HOLANDA, 2016).

De acordo com Kardec e Nascif (2009), descrevem as principais técnicas para elaboração de plano de manutenção preditiva. São elas, análise de vibração, temperatura, inspeção visual, detecção de vazamento, medição de espessura, análise de lubrificantes, detecção de defeitos em materiais metálicos e alinhamento de máquinas rotativas.

### **3. ESTUDO DE CASO**

O presente capítulo retrata o estudo das boas práticas de manutenção e a aplicação de ferramentas de gestão em um shopping center da região.

#### **3.1 Caracterização da empresa**

Os shoppings centers tiveram origem no século X antes de Cristo, através da construção do grande Bazaar de Isfahan, no Irã, porém de maneira oficial, o primeiro inaugurado foi na Inglaterra, chamado de Oxford Covered Market, em 1974. No Brasil, os primeiros shoppings centers chegaram nos anos 1960 nas cidades do Rio de Janeiro e São Paulo, sendo o primeiro inaugurado de forma oficial em 1966, o Shopping Iguatemi. Em 1976 foi fundada a Associação Brasileira de Shopping Centers (ABRASCE), com intuito de contribuir para o fortalecimento e desenvolvimento do setor e na defesa dos interesses, sendo hoje principal referência nacional com aproximadamente 400 associados. De acordo com a ABRASCE, no ano de 2019 foram apresentados um total de 577 shoppings, faturamento de R\$ 192,8 bilhões, 105.592 lojas, 1.102.171 empregos gerados, 16 milhões/m<sup>2</sup> de área bruta locável e 502 milhões de visitantes/mês.

Especificamente, o Shopping em questão, teve sua inauguração realizada em 1999, partindo da ideia de permitir que os habitantes da região pudessem realizar suas compras sem realizar um maior deslocamento até cidades vizinhas, sendo a fonte de inspiração para um grupo de empresários que se uniram para criar o projeto. O desenvolvimento do empreendimento passou pela inauguração, e por mais 3 etapas de ampliação até os dias atuais, sendo respectivamente nos anos de 2005, 2011 e 2020. Atualmente o espaço conta com aproximadamente 200 salões comerciais, 31 mil m<sup>2</sup> de área bruta locável, 4.587,13 m<sup>2</sup> de mall, 1800 vagas de estacionamento, R\$ 400 milhões de vendas por ano e contém um fluxo de 750 mil visitantes por mês,



oferecendo a cidade, e aos visitantes opções em compras, entretenimento, negócios e cultura, com variedade em produtos e lançamentos.

A empresa estudada conta com 108 funcionários próprios e com mais 54 funcionários terceirizados. O organograma funcional engloba o Setor de Manutenção, que se encaixa dentro do Departamento de Operações, e é responsável pelo funcionamento das instalações hidrossanitárias, infra civis, pintura e conservação, sistema de monitoramento por câmeras, forros, esquadrias, elétrica e eletrônica, serviços de manutenção em geral, além de contratos terceirizados especializados e CAG, local de realização deste trabalho.

### **3.2 A Central de Água Gelada**

A refrigeração do ar através de uma CAG, é um dos vários tipos convencionais utilizados nos mais variados ambientes comerciais ou domésticos. Esse sistema é caracterizado como uma expansão indireta, no qual são sistemas de água gelada que utilizam as unidades refrigeradoras de líquido (chillers), como equipamentos do processo de refrigeração, podendo ser utilizados como elementos o ar ou a água.

Os sistemas de água gelada são amplamente utilizados em processos de resfriamento de ar condicionado para conforto térmico ou para processos industriais, e sua viabilidade é atrelada devido ao seu alto rendimento, sua eficiência energética e seu controle padrão de processo, tendo em vista que uma unidade basicamente controla todo um setor ou região.

Como mencionado acima, o estudo de caso deste artigo, traz a realização da pesquisa em uma unidade CAG de um Shopping Center, trazendo consigo equipamentos e instalações, que necessitam de uma gestão eficaz que possa conduzir a uma melhor eficiência da mesma. O sistema mencionado é composto através de chillers (unidades refrigeradoras) com um grau de automação considerável, comandado por sensores e programação em CLP, além de bombas hidráulicas para circulação de água, torres de arrefecimento para refrigeração do próprio sistema, um tanque que armazena 1.300 m<sup>3</sup> de água gelada, contando ainda com termômetros, painéis de monitoramento, termostatos, pressostatos, sensores de pressão e válvulas de controle. A figura 5, apresenta a planta baixa da unidade, com os equipamentos mencionados acima retratados.

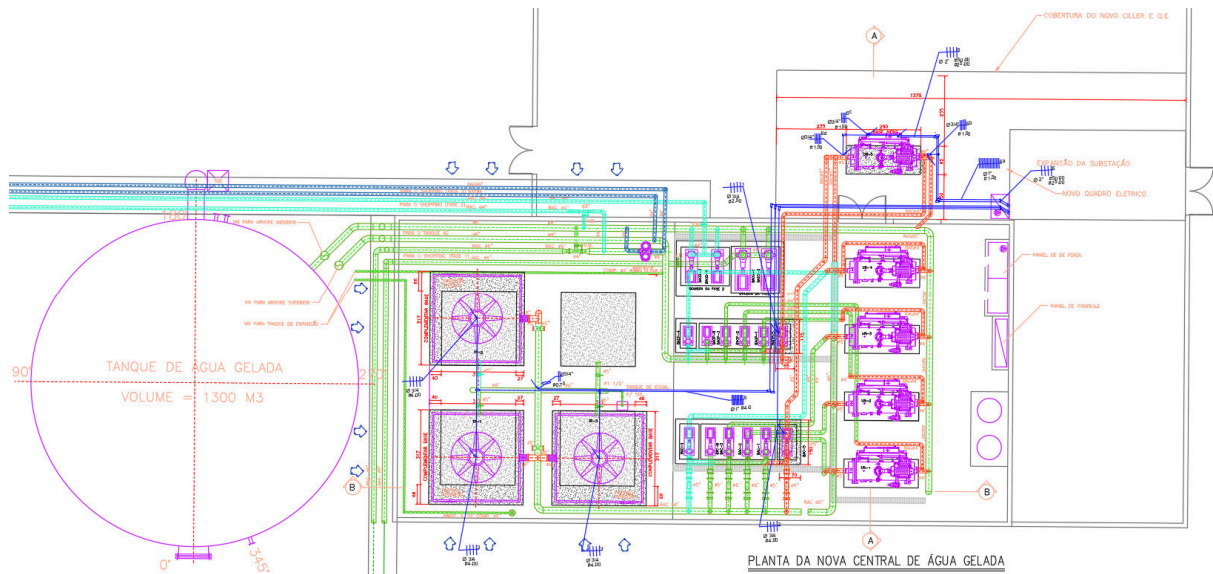


Figura 5: Planta baixa da CAG.

Fonte: Shopping (2017).

O sistema opera em conjunto com um sistema de termo acumulação (acumulação de energia em baixa temperatura) utilizando um tanque para a realização desse processo. Entre os períodos de baixa demanda, os chillers resfriam esse tanque. A realização desse processo é entre as 16:30 às 20:00 horas, considerado o horário de pico, no qual o consumo de energia alcança um maior valor, sendo possível a redução da demanda dos chillers, buscando o menor custo de operação. O processo atende cerca de 200 salões, excluindo-se áreas administrativas do condomínio (responsável pela alocação do espaço), no qual a água gelada circula e troca calor com os diferentes ambientes dos fan coils (aparelhos que transformam a água gelada em ar gelado) que ficam em cada salão. Essa água é disponibilizada entre uma temperatura que varia de 7 a 9°C, em condições ideais.

Caso algo inesperado ocorra, como por exemplo, a alteração da temperatura mencionada acima, é gerado um alarme, através de um sinal luminoso, vermelho quando o sistema apresenta falhas e verde quando tudo está dentro dos conformes. A figura 6 demonstra o fluxo do processo completo.

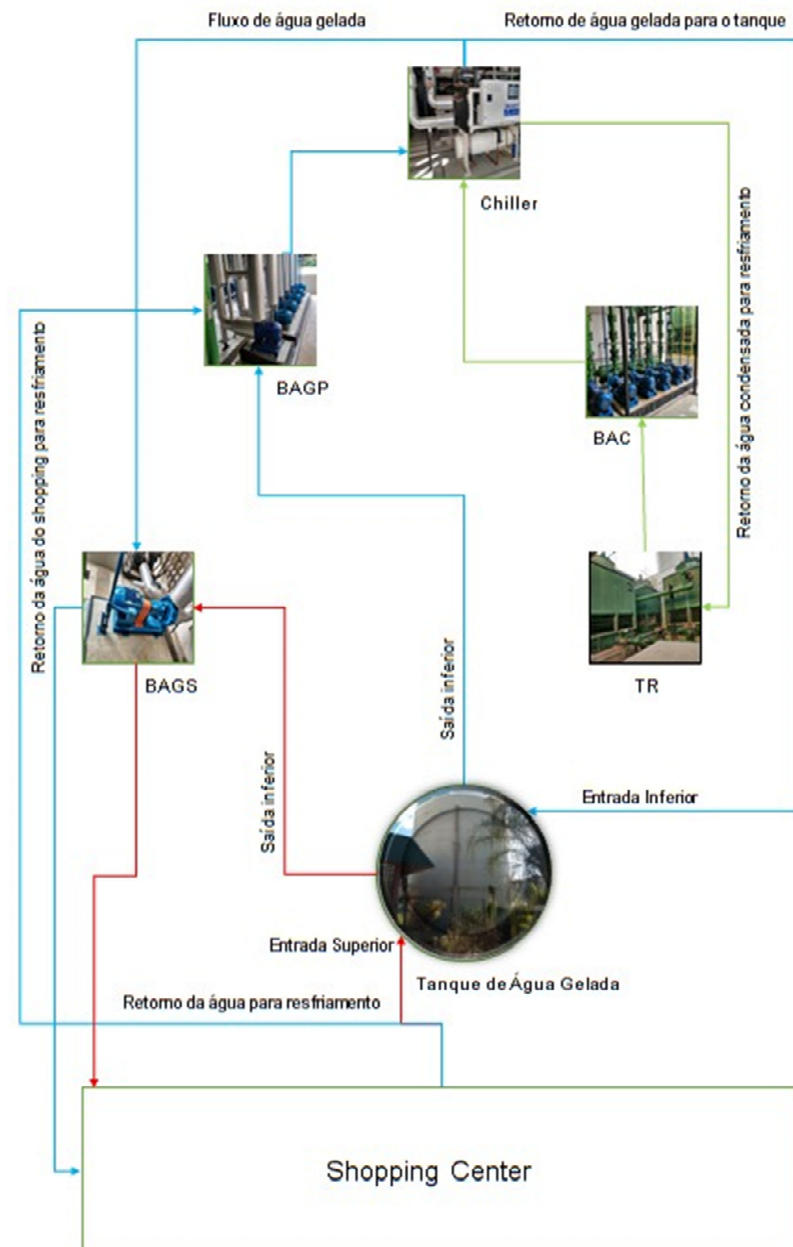


Figura 6: Fluxograma da central de água gelada.

Fonte: Autores (2020).

### 3.3 Análise da situação atual

A CAG tem grande importância no funcionamento do shopping center estudado, porque fornece uma maior excelência no que diz respeito à ambientação do local, na relação entre lojistas e consumidores e na satisfação de estar em um espaço bem refrigerado. Nesse contexto, é relevante a consideração de que os equipamentos e instalações estejam sempre nas melhores condições de funcionamento para a harmonização das operações. Porém, tais equipamentos e instalações apresentam uma considerável quantidade de falhas que interferem em

suas ideais condições. As operações são interferidas por erros nos equipamentos que causam o bloqueio do funcionamento, alguns que causam a parada por completo, outros somente parcial, mas de forma que a CAG quase não apresente seus equipamentos em boas condições ao mesmo tempo. As bombas, unidades refrigeradoras e torres são os principais elementos do estudo de ocorrências.

Além de falhas, outra questão identificada é que a gestão visual no espaço apresenta para melhorias. O atendimento das ocorrências tem seu tempo acrescido da identificação do espaço, pouco se informa o nome dos equipamentos, bem como sua codificação e tagueamento, além do fluxo de água nas tubulações, sendo de maior dificuldade notar qual água é de ida para o shopping, qual é de retorno e qual é de refrigeração dos sistemas, pontos cruciais, que segundo os técnicos do local, interferem na qualidade da prestação do atendimento.

### 3.4 Propostas de melhoria

Esse capítulo engloba toda a metodologia usada no estudo e avaliação do caso, a primeiro momento com a descrição dos equipamentos da central, seguido da proposta de codificação, tagueamento e melhorias em requisitos da gestão visual. Em diante é apresentado a coleta de informações usadas no estudo referente a Análise de quebras e falhas desses equipamentos descritos, com a estratificação de causa e efeitos, junto a planos preventivos recomendados.

#### 3.4.1 Descrição dos equipamentos

Para se fazer uma Gestão de Manutenção eficaz, é necessário primeiro identificar os equipamentos que realizam os processos de operações da central. Os quadros a seguir, indica as informações desses equipamentos.

Tabela 1: Nomenclatura dos equipamentos.

Nome do Equipamento	Abreviação	Quantidade
Reservatório de Água Gelada	RAG	1
Bomba Secundário Água Pressurizada	BSAP	2
Redutor das torres de arrefecimento	RTR	3
Bomba de Água Gelada Primária	BAGP	6
Bomba Água Condensada	BAC	6
Bomba Água Gelada Secundária	BAGS	6
Torre de arrefecimento	TR	3
Unidade de Resfriamento	UR	5

Fonte: Autores (2020).

Quadro 2: Informações dos chillers.

Chiller's		
Descrição	UR - 1/2/3/4/5	
Local	CAG	
Sistema	Geral	
Quantidade	5	
Capacidade	KW	429,1
Vazão de Água	L/h	(36363) 46044
T.E.A.G	°C	15,5
T.S.A.G	°C	7,2
TDIF. Temp. Água	Δ	8,3
Motor Compressor	KW	(107,8) 76,58
Tipo do Compressor	Centrifugo Turbocor	
T.E.A.C	°C	29,5
T.E.A.C	°C	35
Vazão de Ág. Condens.	L/h	(68400) 84340
Fabricante	Transcalor	
Modelo	WB041.1ED08.F4HF C A.F4APCA.0N0	
Peso	KG	2833

Fonte: Autores (2020).

Quadro 3: Informações das bombas.

Bombas de Água						
Descrição	BAGP - 1/2/3/4/5/R	BAC - 1/2/3/4/5/R	BAGS - 1/2	BAGS - 3/4	BAGS - 5/6	
Serviço	Água Gelada	Água Condensada	Água Gelada	Água Gelada	Água Gelada	
Sistema	Geral	Geral	Ala 100	Ala 400	Ala 500	
Quantidade	6	6	2	2	2	
Tipo	Centrifuga	Centrifuga	Centrifuga	Centrifuga	Centrifuga	
Acoplamento	Direto (mon.)	Luva Elástica	Luva Elástica	Luva Elástica	In Line	
Vazão de Água	L/h	(36300) 46044	(68100) 84340	193000	13600	50900
Pressão Manométrica mca	22	19	60	50	40	
Motor	CV	7.5	10	75	15	15
Fabricante	KSB	KSB	KSB	KSB	Grunffoss	
Modelo	BLOC 50-250	NORM 65-200	NORM 100-400	NORM 50-315	TPD 65-480/2	
Rotor	223	(209) 219	370	320	-	
Peso	KG	151	131	583	129	317

Fonte: Autores (2020).

Quadro 4: Informações das torres de arrefecimento.

Torres de Arrefecimento		
Descrição	TR - 1/2/3	
Sistema	Geral	
Quantidade	3	
Capacidade Mínima	Kcal/h	750200
Vazão de Água	L/h	136400
Temp. do Ar	°CBU	25.0
Temp. Água Entrada	°C	35.0
Temp. Água Saida	°C	29.5
Motor	CV	12,5
Fabricante	Alpina	
Modelo	TBSI-80/3-A19-I	
Tipo	Silêncioso	
Peso	KG	5100

Fonte: Autores (2020).

Quadro 5: Informações dos redutores.

Redutor - Torre de Arrefecimento		
Descrição	RTR - 1/2/3	
Serviço	Tore de arrefecimento	
Quantidade	3	
Motor	CV	12.5
Fabricante	Geremia	
Modelo	GA160	
Peso	KG	60

Fonte: Autores (2020).

Quadro 6: Informações das bombas pressurizadas.

Bombas do Sistema Presurizado		
Descrição	BSAP - 1/2	
Serviço	Sistema Presurizado	
Quantidade	2	
Tipo	Centrifuga	
Vazão de Água	L/h	22020
Pressão Manométrica	mca	38
Motor	CV	5

Fabricante	Jacuzzi
Modelo	5DL1.1/4-T
Peso	KG 55

Fonte: Autores (2020).

As informações referidas são de relevância, porque contém informações sobre os modelos que podem ser usadas para substituições futuras, tipos de lubrificação adequados, além do fabricante para dúvidas técnicas que ocorrem com frequência. Também são anexadas informações referentes ao serviço do qual o equipamento faz parte, sua quantidade, a vazão que cabe ao sistema, seu peso, motor e rotores que conduzem o funcionamento, alguns ainda com temperaturas máximas e mínimas ideais, caso das 05 unidades refrigeradoras, entre outros dados descritos.

### **3.4.2 Codificação, tagueamento e análise de criticidade**

A codificação visa identificar os elementos presentes da CAG, com base no sistema de códigos, registrando-os de maneira que seja clara e fácil sua interpretação. Tem por objetivo individualizar os equipamentos. Logo o tagueamento representa a organização, por ser o mapeamento da unidade, onde é essencial para a manutenção o levantamento de informações importantes como o exato ponto de instalação do equipamento, sua identificação funcional, a área, o setor, grupo, número de instrumento, e sufixo caso necessário, por exemplo em equipamentos reservas. E juntas as estratégias de codificação e tagueamento podem acompanhar a vida útil, com anexos de placas de identificação, criando assim, um nível de registrabilidade tendo como resultado pontos importantes como seu histórico de manutenção incluindo suas características técnicas.

A análise de criticidade faz referência ao risco que um dispositivo apresenta para a CAG, facilitando a leitura de priorizações nos planos de manutenção. Ela classifica os efeitos e riscos que podem apresentar baseados nos níveis de:

- Segurança e meio ambiente;
- Qualidade e produtividade;
- Taxa de ocupação;
- Oportunidade de produção;
- Frequência de Quebra;
- Manutenibilidade.

Essa análise permite determinar quais equipamentos possuem um maior impacto no potencial de operação da central, tendo em vista que, a identificação dos itens que precisam ser priorizados, otimiza o uso do tempo e custos, além de aprimorar sua confiabilidade. A figura 7 retrata o método de classificação das prioridades em forma de diagrama.

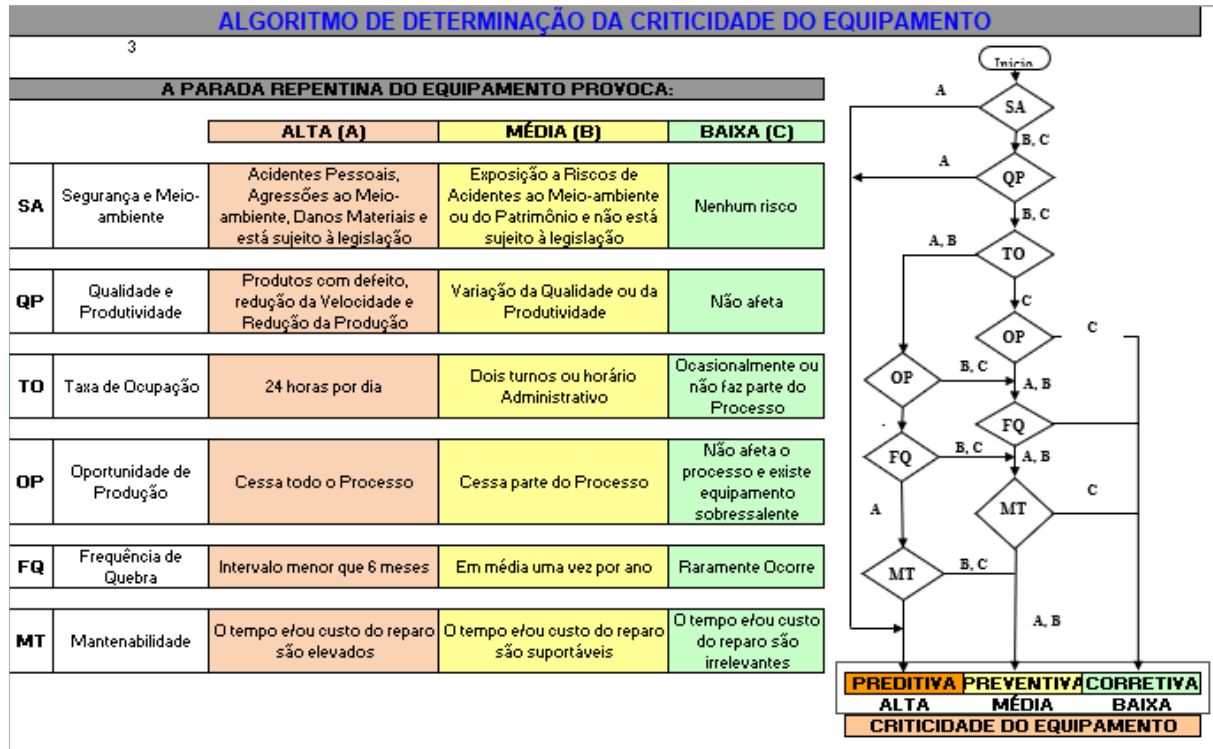


Figura 7: Diagrama de avaliação de criticidade de equipamentos.

Fonte: Autores (2020).

A partir dos tópicos mencionados anteriormente, dada a importância das ferramentas de codificação, tagging e análise de criticidade, o quadro 7 a seguir demonstram os resultados do estudo realizado na CAG:

Quadro 7: Análise de criticidade dos equipamentos que envolvem a CAG.

<b>AVALIAÇÃO DO GRAU DE CRITICIDADE DO EQUIPAMENTO</b>								
<b>EQUIPAMENTOS</b>		<b>FATORES</b>						<b>CRITICIDADE EQUIPAMENTO</b>
Codificação	Tagueamento	SA	QP	TO	OP	FQ	MT	
RAG-01	TAN - AG - 1 1 5 01	Alta	Alta	Alta	Alta	Baixa	Alta	Preditiva Alta
BAC-01	BOM - AC - 1 1 5 01	Média	Alta	Alta	Média	Média	Média	Preditiva Alta
BAC-02	BOM - AC - 1 1 5 02	Média	Alta	Alta	Média	Média	Média	Preditiva Alta
BAC-03	BOM - AC - 1 1 5 03	Média	Alta	Alta	Média	Média	Média	Preditiva Alta
BAC-04	BOM - AC - 1 1 5 04	Média	Alta	Alta	Média	Média	Média	Preditiva Alta
BAC-05	BOM - AC - 1 1 5 05	Média	Alta	Alta	Média	Média	Média	Preditiva Alta
BAC-06	BOM - AC - 1 1 5 06 - R	Média	Alta	Alta	Média	Média	Média	Preditiva Alta
BAGP-01	BOM - AP - 1 1 5 01	Média	Média	Alta	Média	Média	Média	Preventiva Média
BAGP-02	BOM - AP - 1 1 5 02	Média	Média	Alta	Média	Média	Média	Preventiva Média
BAGP-03	BOM - AP - 1 1 5 03	Média	Média	Alta	Média	Média	Média	Preventiva Média
BAGP-04	BOM - AP - 1 1 5 04	Média	Média	Alta	Média	Média	Média	Preventiva Média
BAGP-05	BOM - AP - 1 1 5 05	Média	Média	Alta	Média	Média	Média	Preventiva Média
BAGP-06	BOM - AP - 1 1 5 06 - R	Média	Média	Alta	Média	Média	Média	Preventiva Média



BAGS-01	BOM - AS - 1 1 5 01	Média	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Preditiva Alta
BAGS-02	BOM - AS - 1 1 5 02	Média	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Preditiva Alta
BAGS-03	BOM - AS - 1 1 5 03	Média	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Preditiva Alta
BAGS-04	BOM - AS - 1 1 5 04	Média	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Preditiva Alta
BAGS-05	BOM - AS - 1 1 5 05	Média	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Preditiva Alta
BAGS-06	BOM - AS - 1 1 5 06 - R	Média	Alta	Média	Alta	Média	Alta	Preditiva Alta
BSAP-01	BOM - SP - 1 1 5 01	Baixa	Média	Alta	Média	Média	Média	Preventiva Média
BSAP-02	BOM - SP - 1 1 5 02	Baixa	Média	Alta	Média	Média	Média	Preventiva Média
RTR-01	RED - TR - 1 1 5 01	Baixa	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Preventiva Média
RTR-02	RED - TR - 1 1 5 02	Baixa	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Preventiva Média
RTR-03	RED - TR - 1 1 5 03	Baixa	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Preventiva Média
TR-01	TOR - AC - 1 1 5 01	Média	Alta	Alta	Média	Baixa	Alta	Preditiva Alta
TR-02	TOR - AC - 1 1 5 02	Média	Alta	Alta	Média	Baixa	Alta	Preditiva Alta
TR-03	TOR - AC - 1 1 5 03	Média	Alta	Alta	Média	Baixa	Alta	Preditiva Alta
UR-01	UR - AG - 1 1 5 01	Média	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Preventiva Média
UR-02	UR - AG - 1 1 5 02	Média	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Preventiva Média
UR-03	UR - AG - 1 1 5 03	Média	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Preventiva Média
UR-04	UR - AG - 1 1 5 04	Média	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Preventiva Média
UR-05	UR - AG - 1 1 5 05	Média	Média	Alta	Média	Alta	Alta	Preventiva Média

Fonte: Autores (2020).

### 3.4.3 Gestão Visual

Como citado acima, a CAG não possui um sistema de identificação claramente exposto para interpretação dos equipamentos e tubulações. Como solução a essa situação pendente, foi proposta a ideia de se realizar a identificação dos equipamentos e fluxos de água das tubulações, bem como sua origem, aliada ainda a codificação também citada anteriormente. As figuras a seguir representam o estado anterior a implantação da proposta.



Figura 8: Painel do chiller.

Fonte: Autores (2020).



Figura 9: Sistema das BAGP.

Fonte: Autores (2020).



Figura 10: Sistema das BAC.

Fonte: Autores (2020).

As figuras abaixo demonstram a realização do trabalho proposto e aceito pela gerência responsável pela CAG.



Figura 11: Sistema das BAGS.

Fonte: Autores (2020).



Figura 12: Sistema das BAC.

Fonte: Autores (2020)



Figura 13: Painel do chiller.

Fonte: Autores (2020).



Figura 14: Retorno da água do shopping.

Fonte: Autores (2020)



Figura 15: Tubulação do chiller.

Fonte: Autores (2020).



Figura 16: Análise do projeto para identificação.

Fonte: Autores (2020)

Buscando uma melhor assimilação, foram criadas placas de identificação acopladas aos equipamentos com suas referidas codificações, incluindo informações de seu do seu sistema, demonstrada pela figura 17.



Figura 17: Modelo de identificação utilizada na CAG.

Fonte: Autores (2020).

Além das placas, também foram idealizados adesivos em formas de setas para identificação dos tipos de água do sistema, e de seu sentido de fluxo, sendo:

- Setas brancas: água de refrigeração do sistema, vindas das BAC;
- Setas vermelhas: água de retorno do shopping, já utilizadas para refrigeração dos ambientes;
- Setas azuis: indicam a água gelada que vai para o shopping, visando os ambientes a serem refrigerados.

### 3.4.4 Coleta de dados

Para se ter um estudo aprofundado, com base em análises críticas e indicadores de manutenção, foram levantadas informações no que se diz respeito às falhas da unidade. Tal coleta de dado ocorreu em um período de exatos 31 dias, iniciado em 15 de setembro e finalizado em 15 de outubro de 2020, esse período retrata o histórico. Além do levantamento diário das falhas que ocorreram em cada equipamento, outras informações se fazem necessárias ao contexto, como as horas de início e retorno da funcionalidade do equipamento e seu período de tempo para manutenção, além do tipo de falha e do equipamento em que ocorreu a mesma. A quadro 8 abaixo contém as informações descritas de forma detalhada no período em questão.

Quadro 8: Coleta de falhas.

DATA	HORAS			ESQUIPAMENTO	TIPOS DE FALHA	TEMPO DE MANUTENÇÃO	TEMPO DE PARADA
	PARADA	INÍCIO MANUTENÇÃO	RETORNO/FIM MANUTENÇÃO				
28/set	15:15	15:22	16:03	BAGS 3	Sobretensão inversor de frequência	41 min	48 min
29/set	12:00	12:07	13:15		Sobretensão inversor de frequência	1 hora 8 min	1 hora e 15 min
02/out	09:40	09:49	11:04	BSAP 1/2	Parada completa	1 hora 15 min	1 hora e 24 min
03/out	22:55	23:22	00:03		Parada completa	41 min	1 hora e 8 min
19/set	02:58	02:58	03:03	UR - 1	Super Aquecimento	5 min	5 min
20/set	02:04	02:04	02:09		Super Aquecimento	5 min	5 min
20/set	22:50	22:50	22:55		Super Aquecimento	5 min	5 min
21/set	22:32	22:32	22:37		Super Aquecimento	5 min	5 min
22/set	10:58	10:58	11:03		Super Aquecimento	5 min	5 min
24/set	22:52	22:52	22:57		Super Aquecimento	5 min	5 min
25/set	11:28	11:28	11:33		Super Aquecimento	5 min	5 min
29/set	05:50	05:50	05:55		Super Aquecimento	5 min	5 min
30/set	01:06	01:06	01:11		Super Aquecimento	5 min	5 min
01/out	04:24	04:24	04:29		Super Aquecimento	5 min	5 min
04/out	23:14	23:14	23:19		Super Aquecimento	5 min	5 min
08/out	03:52	03:52	03:57		Super Aquecimento	5 min	5 min
09/out	07:07	07:07	07:12		Super Aquecimento	5 min	5 min
11/out	04:49	04:49	04:54		Super Aquecimento	5 min	5 min
12/out	00:55	00:55	01:00		Super Aquecimento	5 min	5 min
15/set	11:00	11:05	11:10		UR - 2	Alta Pressão	5 min
01/out	21:35	08:15	12:00	Alta pressão		5 min	15 horas 25 min
02/out	07:01	08:17	12:00	Alta Pressão		3 horas 39 min	4 horas 59 min
02/out	20:48	21:30	03:03	Alta Pressão		5 horas 33 min	6 horas e 15 min
14/out	02:47	08:40	11:45	Alta Pressão			
14/out	02:47	08:40	11:45	Bloqueio por falhas		3 horas 5 min	8 horas e 58 min
14/out	14:32	14:47	15:38	Bloqueio por falhas		51 min	1 hora e 6 min
18/set	20:59	20:59	21:04	UR - 3		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min
19/set	11:00	11:07	11:15		Super Aquecimento	8 min	15 min
19/set	21:18	21:18	21:23		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
20/set	12:50	12:54	13:00		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	6 min	10 min
01/out	22:02	09:05	12:00		Alta Pressão Chave EXT	2 horas 15 min	13 horas e 18 min
05/out	20:56	20:56	21:01		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
06/out	09:03	09:03	09:10		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	7 min	7 min
06/out	20:39	20:39	20:44		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
08/out	21:19	21:19	21:24		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
09/out	20:45	20:45	20:50		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min

10/out	20:51	20:51	20:56	UR - 4	Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
12/out	20:58	20:58	21:03		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
14/out	08:47	08:49	08:56		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	7 min	9 min
12/set	12:00	12:05	12:09		Falha compressor	4 min	9 min
13/set	19:00	19:03	19:11		Falha compressor	8 min	11 min
16/set	16:00	16:07	16:15		Super Aquecimento	8 min	15 min
22/set	21:45	21:45	21:50		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
25/set	21:51	21:51	21:56		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
26/set	12:30	12:33	12:39		Bloqueio por falhas	6 min	9 min
26/set	21:47	21:47	21:52		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
29/set	23:00	23:00	23:05		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	5 min	5 min
01/out	23:28	23:28	23:44		Alta Pressão Chave EXT	16 min	16 min
03/out	00:09	00:09	00:17		Bloqueio de vazão COW	8 min	8 min
03/out	22:42	22:42	22:57		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	15 min	15 min
05/out	22:37	22:37	22:52		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	15 min	15 min
06/out	10:06	10:10	10:21		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	11 min	15 min
06/out	22:08	22:08	22:23		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	15 min	15 min
08/out	23:13	23:13	23:33		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	20 min	20 min
09/out	22:16	22:16	22:42		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	26 min	26 min
10/out	14:55	14:59	15:12		Deslocamento radial frontal/traseiro	13 min	17 min
10/out	16:53	16:58	17:09		Deslocamento radial frontal/traseiro	11 min	16 min
10/out	17:31	17:36	17:52		Deslocamento radial frontal/traseiro	16 min	21 min
12/out	22:45	22:45	22:59		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	14 min	14 min
13/out	14:18	14:25	14:33		Deslocamento radial frontal/traseiro	8 min	15 min
13/out	16:04	16:09	16:15		Deslocamento radial frontal/traseiro	6 min	11 min
13/out	22:53	22:53	23:04		Deslocamento radial frontal/traseiro	11 min	11 min
14/out	14:24	12:29	14:44		Deslocamento radial frontal/traseiro	2 horas 15 min	2 horas e 20 min
14/out	16:39	16:45	16:55		Bloqueio por falhas	10 min	16 min
14/out	16:39	16:43	16:52		Deslocamento radial frontal/traseiro	9 min	13 min
14/out	17:23	17:29	17:44		Deslocamento radial frontal/traseiro	15 min	21 min
14/out	21:43	21:43	21:59		Deslocamento radial frontal/traseiro	16 min	16 min
14/out	22:24	22:24	22:49		Sobrecarga de corrente elétrica e falha no bloqueio	25 min	25 min
15/out	14:03	15:04	15:13		Deslocamento radial frontal/traseiro	9 min	10 min
01/out	22:31	22:31	22:46		UR - 5	Deslocamento radial frontal/traseiro	15 min
01/out	23:48	00:32	03:06	Alta Pressão Chave EXT		2 horas 34 min	3 horas e 18 min
01/out	23:48	00:32	02:55	Deslocamento radial frontal/traseiro		2 horas 23 min	-
02/out	10:13	10:15	12:05	Deslocamento radial frontal/traseiro		1 hora 50 min	1 hora e 52 min
02/out	10:13	10:15	10:25	Bloqueio por falhas		10 min	-
02/out	22:25	22:25	22:44	Deslocamento radial frontal/traseiro		19 min	19 min

Fonte: Autores (2020).

Foram coletadas ao todo 75 falhas no qual apenas quatro falhas ocorreram em bombas e as restantes são referentes aos Chillers (unidades refrigeradoras). E parte dessas falhas são atendidas pelo próprio sistema de automação, que as

identificam e acionam o sistema de Reset, fazendo com que seja restabelecido o sistema, mas ainda sim levando um espaço de tempo para sua funcionalidade ideal. Porém, mesmo com o nível de automação considerável, algumas falhas exigem a intervenção humana e causam a parada da unidade refrigeradora ou até mesmo da central por completo.

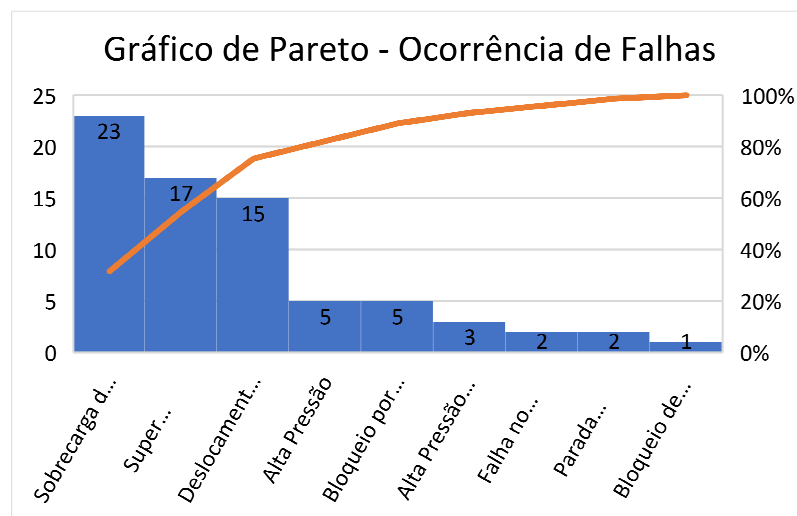
Com a coleta dessas informações foram possíveis a estratificação dos tipos de falhas e a quantidade de ocorrências, ou seja, quantas repetições tiveram essas falhas. A quadro 9 apresenta essas informações, seguida do gráfico 1, indicando que as falhas mais ocorrentes são as sobrecargas de energia elétrica e falha no bloqueio, superaquecimento e deslocamento radial frontal/traseiro.

Quadro 9: Quantidade de ocorrências por falha.

Tipo da falha	Quantidade de ocorrências
Alta Pressão	5
Alta Pressão Chave EXT	3
Bloqueio de vazão COW	1
Bloqueio por falhas	5
Deslocamento radial frontal/traseiro	15
Falha no compressor	2
Parada completa	2
Sobrecarga de energia elétrica e falha no bloqueio	23
Super aquecimento	17

Fonte: Autores (2020).

Gráfico 1: Análise das falhas que mais ocorreram.



Fonte: Autores (2020).

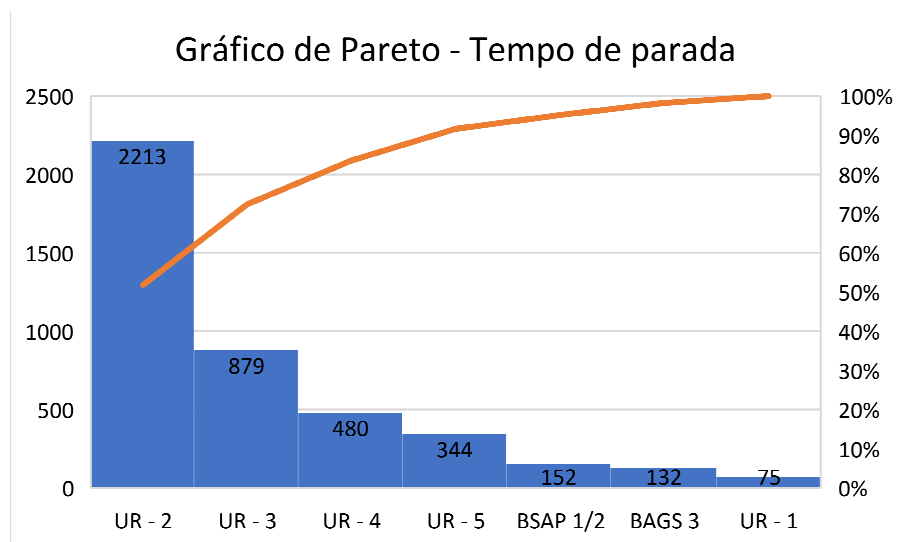
Seguindo com os resultados da coleta de dados ainda se faz necessário o levantamento do tempo de parada em minutos durante o período de 31 dias, indicando os equipamentos que mais tempo gastaram para retornar a sua funcionalidade, demonstrados pelo quadro 10. O gráfico 2 retratam esses dados, sendo o Chiller 2 (UR - 02), seguido do Chiller 03 (UR -03) e do Chiller 04 (UR - 04).

Quadro 10: Tempo de parada dos equipamentos.

Equipamento	Tempo de parada (min/30 dias)
UR - 1	75
UR - 2	2213
UR - 3	879
UR - 4	480
UR - 5	344
BAGS 3	132
BSAP 1/2	152

Fonte: Autores (2020).

Gráfico 2: Equipamentos que mais ficaram parados.



Fonte: Autores (2020).

Após a representação gráfica, é possível notar que os 03 equipamentos mencionados são os que mais demandam tempo, sendo 3572 minutos de um total de 4275 minutos em paradas, o que representa uma taxa de 84% do tempo de parada total.

E justamente por essa taxa, a escolha de ações sobre eles. Com o intuito de se realizar uma análise aprofundada sobre as causas, e suas reais origens foi abordada a metodologia de estudo com base nos métodos apresentados pelo Diagrama de Ishikawa, que leva em consideração os aspectos que podem ter levado a ocorrência do problema, tendo como base que causas específicas devem ser analisadas e testadas, eliminando as causas e por conseqüências seus problemas. A figura abaixo representa os Diagramas de Ishikawa aplicados por meio de Brainstorming junto aos técnicos responsáveis pelo funcionamento da central, respectivamente, no Chiller 2, Chiller 3, e Chiller 4.

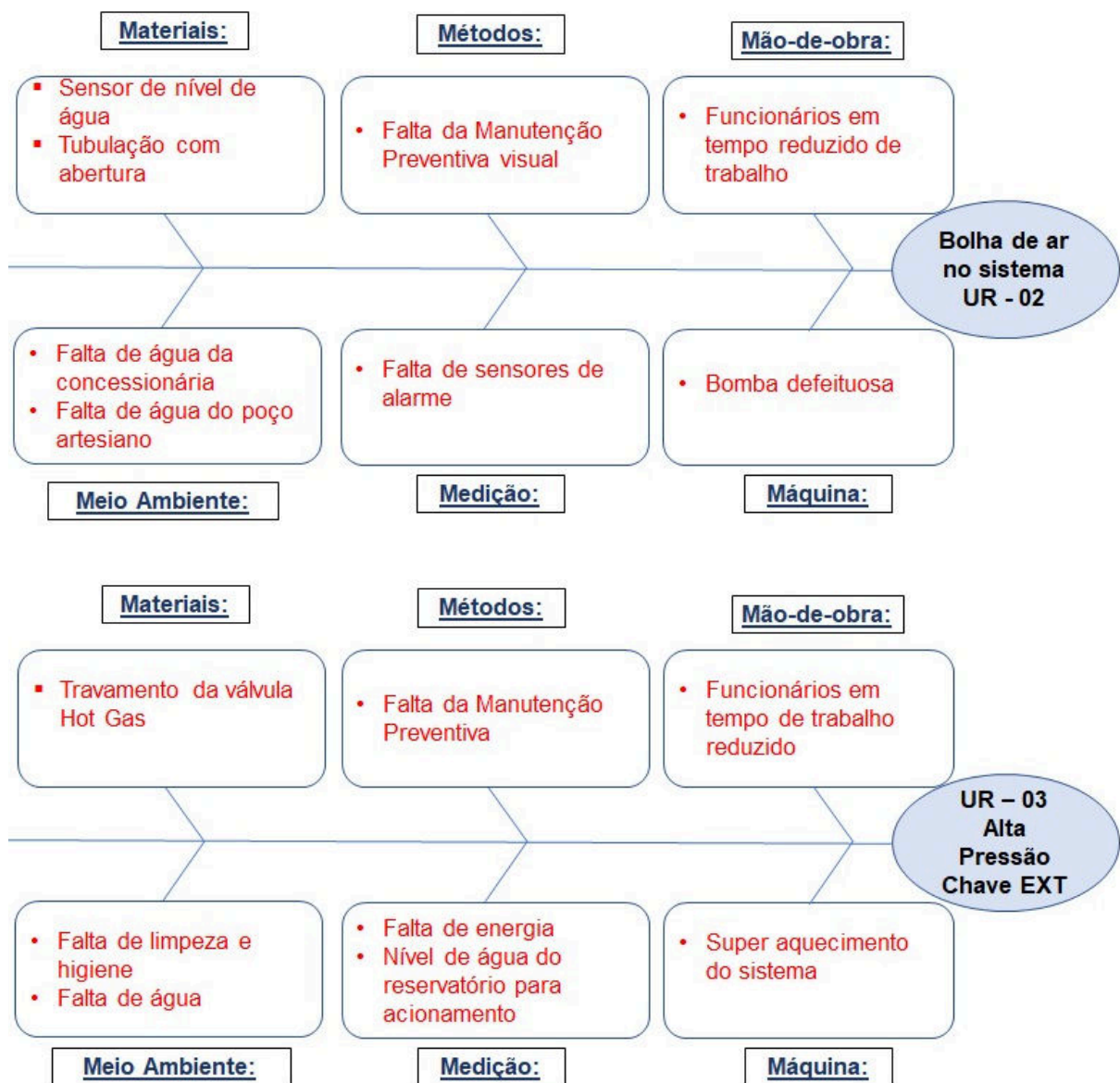


Figura 18: Diagramas de Ishikawa UR – 2/3.

Fonte: Autores (2020).





Figura 19: Diagramas de Ishikawa UR - 4.

Fonte: Autores (2020).

Foram verificadas e testadas em campos todas as possibilidades de falhas, culminando na filtragem dos elementos, resultando apenas em 03 principais causas, 01 em cada equipamento.

### 3.4.5 Análise de quebra e falhas

Com a estratificação das causas e efeitos realizados anteriormente é possível seguir com mais clareza a Análise de Quebra e Falhas, tendo em vista, que após o estudo foi identificado as seguintes causas para os respectivos equipamentos, a seguir no quadro 11.

Quadro 11: Resultados do Diagrama de Ishikawa.

Equipamento	Causa raiz
UR - 02	Falta de água nos reservatórios, que abastecem as torres de arrefecimento
UR - 03	Bloqueio do gás que refrigera o sistema de água gelada
UR - 04	Placa DCDC, erro na emissão de sinal de corrente elétrica devido a um curto circuito

Fonte: Autores (2020).

Dadas as informações, a seguir é descrito um plano completo de Análise de Quebra e Falha, já inclusa com as Ações Preventivas de cada causa, representada pelo quadro 12.

Quadro 12: Análise de falha e ação preventiva recomendada.

Ponto da Falha			Análise da Falha			Avaliação de Risco			
Equipamento	Função do Equipamento	Componente	Modos de Falha	Efeitos de Falha	Causa da Falha	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN
UR - 02	Refrigeração da água do sistema	Condensadora	Alta pressão	Falha e travamento do equipamento	Falta de água nos reservatórios, que abastecem as torres de arrefecimento	6	7	8	336
UR - 03	Refrigeração da água do sistema	Compressor	Alta Pressão Chave EXT	Travamento da válvula hot gás	Bloqueio do gás que refrigera o sistema de água gelada	6	7	8	336
UR - 04	Refrigeração da água do sistema	Compressor	Deslocamento radial frontal e traseiro	Parada do equipamento	Placa DCDC, erro na emissão de sinal de corrente eléctrica devido a um curto circuito	2	9	5	90

Ação Preventiva Recomendada	Avaliação de Risco			
	Ocorrência	Severidade	Deteção	RPN
Instalação de sensores de nível com emissão sonora, para informar quando o nível mínimo de água for atingido.	6	7	1	42
Instalação de sensores de nível com emissão sonora, para informar quando o nível mínimo de água for atingido.	6	7	1	42
Aparelhos de medição de energia eléctrica, consultoria de rede eléctrica em variação, estabilizadores na entrada das placas, fontes chaveadas.	2	9	2	36

Fonte: Autores (2020).

Além das informações descritas é apresentado também um índice de avaliação de risco, baseado em ocorrência, detecção e severidade, resultando em um valor RPN (Número de Prioridade de Risco). E quanto maior esse valor RPN, mais crítica a situação daquele item, sendo necessária a priorização daquilo que deve ser realizado primeiro. Como demonstração, foi aplicado esses índices para a tarefa atual, resultando um valor RPN, e aplicado também valores para a ação preventiva a ser seguida, e sua redução RPN.

## 4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse capítulo retrata as considerações resultantes das propostas do estudo de caso. Em suma, são abordados os indicadores para acompanhamento da Gestão da Manutenção, as conclusões referentes à análise de quebras e falhas, além de propostas de melhorias de trabalhos futuros.

### 4.1 Indicadores de manutenção

Definida sua real situação em manutenção, se propõe desafios para a melhoria de processos e operações, se escolhem os meios e se inicia a fase de acompanhamento da evolução da ação humana mantenedora, através dos índices de manutenção, cabendo a ressalva de que tais indicadores não são usados somente para os desafios de manutenção, como também no que tange a rotina diária da central.

De acordo com o progresso do trabalho, são realçadas as análises sobre os tempos de paradas e de manutenções totais, levando exatamente esses requisitos em considerações, foram definidos como indicadores:

- O MTBF, ou seja, Tempo Médio entre Falhas: definido como a divisão da soma das horas disponíveis do equipamento para operação pelo número de intervenções corretivas no mesmo, durante um período de tempo, fórmula representa abaixo pela figura 20.

$$\frac{\text{Tempo disponível} - \text{Tempo perdido}}{\text{Número de paradas}}$$

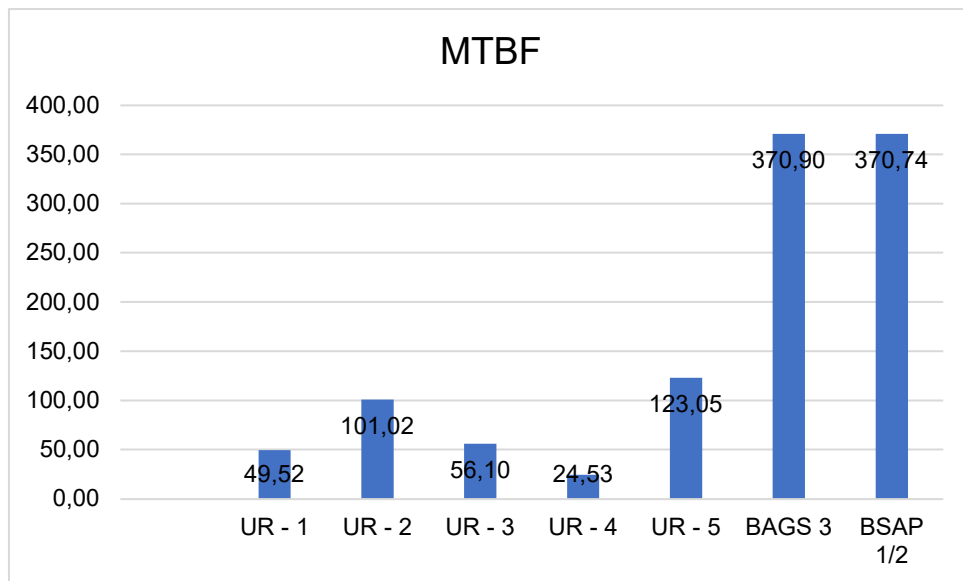
Figura 20: Formula do MTBF.

Fonte: Autores (2020).

Esse indicador serve para observar o comportamento da maquinaria, diante das ações mantenedoras. Quanto maior o valor MTBF, mais positivo é o resultado, indicando que o número de intervenções corretivas vem diminuindo.

No estudo em questão, levando em considerações as relações acima citadas, indicam que a BAGS 3 é o equipamento que apresenta maior tempo entre falhas, em contrapartida, o Chiller 4 (UR - 4) é aquele que merece maior atenção, dados demonstrados no gráfico 3.

Gráfico 3: Tempo médio entre falhas dos equipamentos da CAG.



Fonte: Autores (2020).

- E o MTTR, que significa Tempo Médio entre Reparos: dado como a divisão entre a soma de horas de indisponibilidade para operação pelo número de intervenções corretivas em um determinado período, fórmula representada pela seguinte equação da figura 21.

$$\frac{\text{Tempo total de reparo}}{\text{Número de paradas}}$$

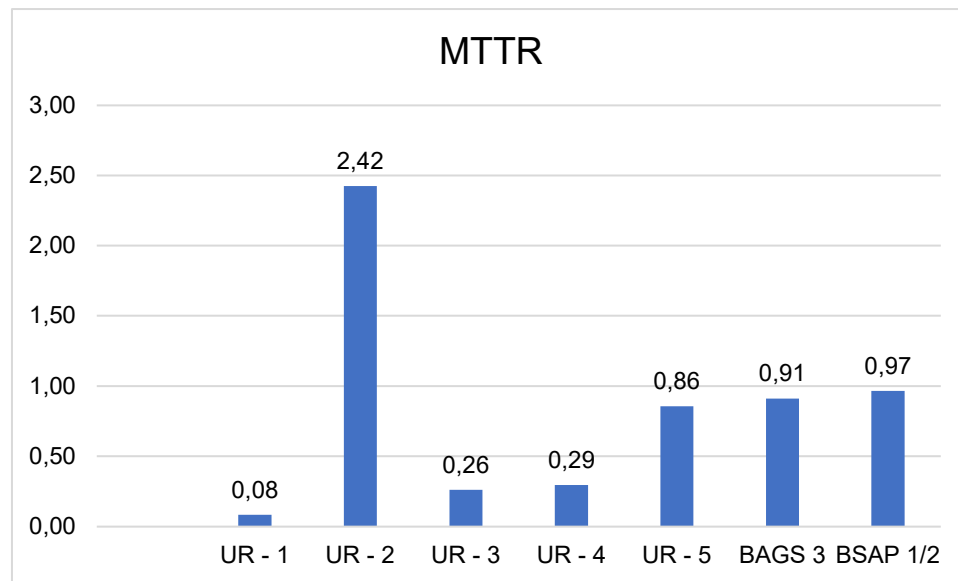
Figura 21: Formula do MTTR.

Fonte: Autores (2020).

A dedução deste, relaciona que quanto menor o MTTR no passar do tempo, melhor o andamento da unidade, pelo fato de que os reparos corretivos demonstram ser cada vez menos impactantes.

Relacionando essas considerações com a pesquisa, os dados do gráfico 4 abaixo, indicam que o Chiller 2 (UR - 2) é o equipamento que tem o maior tempo entre reparos, logo o Chiller 1 (UR - 1) apresenta o melhor índice justamente por apresentar menos reparos durante o espaço de tempo analisado.

Gráfico 3: Tempo médio entre reparo dos equipamentos da CAG.



Fonte: Autores (2020).

## 4.2 Conclusão

De acordo com a teoria levantada, de maneira geral, a manutenção existe porque é impossível seguir em atividades diárias sem a realização de reparos, buscando uma prestação de serviço de forma eficiente, produtiva, eficaz e ordenada. E para um maior sucesso das operações de manutenção, ao longo do tempo foram se criando planos, ferramentas, boas práticas aliadas à criatividade, flexibilidade, organização, cultura de mudança, trabalho em equipe além de indicadores para acompanhamento que deram a origem a Gestão da Manutenção.

Baseados no estudo de caso realizado e em alguns resultados apresentados e discutidos são colocadas as seguintes conclusões.

A descrição aliada as técnicas de codificação e tagueamento, oferecem uma maior organização e controle das informações referentes a equipamentos, e auxiliam no controle, no seu histórico de falhas e até mesmo em futuras substituições quando necessárias.

A análise e criticidade de equipamentos indicam quais merecem uma maior atenção, ou seja, expressa a importância de uma máquina dentro do processo, classificando os riscos e determinando quais dispositivos possuem um maior impacto no potencial do negócio, com base nas premissas de segurança, meio ambiente, qualidade, produtividade, taxa de ocupação, produção, frequência de quebras e manutenibilidade.

A técnica de gestão visual fornece as instruções necessárias para que uma situação resultante de um processo ou operação seja rapidamente entendida, visando isso, foram criadas placas e setas indicativas, que condizem com as principais informações no que diz respeito ao atendimento de ocorrências na Central de Água Gelada.

Os métodos de manutenção da organização ainda não contavam com a análise de quebras e falhas, bem como, de um histórico que mostrasse a real situação dos equipamentos. Com a coleta dessas informações é possível criar análises aprofundadas, chegando ao resultado que 84% dos tempos de paradas ocorrem em 3 equipamentos. E por esse motivo, foram escolhidos para a realização da estratificação de causas e efeitos, no que resultou em apenas 2 ações preventivas. Tais ações preventivas que através de mensurações, podem reduzir drasticamente os valores RPN, que é referente a avaliação de risco. E tal acompanhamento da eficiência das ações tomadas deve ser acompanhadas pelos indicadores MTBF e MTTR.

Logo os custos de manutenção, considerando os valores Hora/Homem (H/H) e materiais gastos, alcançando-se uma redução de R\$ 35.770,30, atacando os 03 modos de falhas e suas respectivas causas raízes. Os valores extraídos para efeitos de cálculos se encontram na tabela abaixo.

Tabela 02: Detalhamento dos custos de manutenção.

Tempo total de manutenção	39:18:00
Tempo somente de intervenções automáticas	05:50
Tempo total sem as intervenções automáticas (homens trabalhando)	33:28:00
Custo do contrato do funcionário terceirizado	R\$ 4.700,00
Horas mensais consideradas	176:00:00
Custo hora homem	R\$ 26,70
Custo total de manutenção (H/H) no período	R\$ 1.049,31
Quantidade de ocorrências usando somente nos 3 modos de falhas estratificados (18 de 75)	24,00%
Tempo total de parada de manutenção somente nos 3 modos de falhas estratificados	28:51:00
Quantidade % levando em consideração o tempo total	73,41%
Custo total de manutenção (H/H) aplicado nos 3 modos de falhas estratificados	R\$ 770,30
Custo de materiais (Placa DCDC)	R\$ 35.000,00
Tempo total de manutenção (H/H + materiais)	R\$ 35.770,30

Fonte: Autores (2020).

### 4.3 Propostas de trabalhos futuros

Como prosseguimento das atividades são propostos alguns pontos, como:

- Atualizações dos planos de manutenção preventiva, justificadas em pesquisas de campo, que através de informações coletadas, as pessoas que realizam os atendimentos da central descrevem que algumas atividades precisam ter suas periodicidades alteradas, como por exemplo, a lubrificação de bombas que acontecem a cada 5 meses, ou o reaperto de parafusos de bombas que acontecem a cada 3 meses. Segundo os técnicos, essas atividades não estão sendo suportadas de acordo com o período do plano, e a proposta seria a revisão por completa do mesmo, tal trabalho não foi realizado devido a requisitos de quantidade máxima que o artigo precisa apresentar;
- Histórico de quebras e falhas, com a continuidade do modelo realizado, tendo dados levantados durante um determinado espaço de tempo;
- Monitoramento dos indicadores de manutenção, que vão possibilitar a análise com base estruturada em números que comprovam que ações tomadas estão surtindo efeito na central.

### REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR-5462**: confiabilidade e manutenibilidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1994.

BARRIENTO, Vlamir Faria; ACHCAR, Jorge Alberto. Statistical analysis of equipment maintenance time in the food industry: a case study to identify sources of impact on performance. **Revista Chilena de Ingeniería**, [S.L.], v. 27, p. 151-163, mar. 2018.

BRANCO FILHO, Gil. **A Organização**, o Planejamento e o Controle da Manutenção. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna Ltda., 2008.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**: manufatura e serviços: uma abordagem estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

DAN-FLORIN, Niculescu. **Cercetări privind mentenanța predictivă, pentru reducerea costurilor de utilizare a pompelor centrifugale**. 2015. 11 f. Tese (Doutorado) - Curso de Engenharia Mecânica, Institutului de Economie Mondială Academia Română, [S.L.], 2015.

DHILLON, Balbir Singh. **Engineering Maintenance: A Modern Approach**. Florida: CRC Press, 2002.

ESPINOSA, Fernando F; DIAS, Acires; BACK, Nelson. Un Procedimiento de Evaluación de las Condiciones Necesarias para Innovar la Gestión de Mantenimiento en una Empresa. **Información Tecnológica**, [S.L.], v. 19, n. 1, p. 97-104, 2008.

GOMIDE, Tito L. F.; PUJADAS, Flávia Z. A.; NETO, Jerônimo C. P. F. **Técnicas de inspeção e manutenção predial**: vistorias técnicas, check-up predial, normas comentadas, manutenção X valorização patrimonial, análise de risco. São Paulo, Editora PINI, 2006.

HOLANDA, Sandra Maria Santos. **Aplicação da manutenção preditiva por análise de vibrações em equipamentos de trens urbanos com plano de manutenção proposto**. 97 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

KARDEC, Allan; NASCIF, Júlio. **Manutenção**: função estratégica. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2009.

LAGO, Daniel Fabiano. **Manutenção de redutores de velocidade pela integração das técnicas preditivas de análise de vibrações e análise de óleo lubrificante**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Mecânica, Unesp, Ilha Solteira, 2007.

LUSTOSA, Leonardo et al. **Planejamento e controle da produção**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2008.

MARCORIN, Wilson Roberto; LIMA, Carlos Roberto Camello. Análise dos Custos de Manutenção e de Não-manutenção de Equipamentos Produtivos. **Revista de Ciência & Tecnologia**, [S.I.], v. 11, n. 22, p. 35-42, 2003.

MENDES, Angélica Alebrant; RIBEIRO, José Luis Duarte. Estabelecimento de um plano de manutenção baseado em análises quantitativas no contexto da MCC em um cenário de produção JIT. **Production**, [S.L.], v. 24, n. 3, p. 675-686, 10 set. 2013.

MOUBRAY, John. **Reliability-Centered Maintenance**. 2. Ed. Woodbine, NJ Industrial Press Inc., 1997.

NUNES, Enon Laércio. **Manutenção centrada em confiabilidade (mcc)**: análise da implantação em uma sistemática de manutenção preventiva consolidada. 146 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

SULLIVAN, Greg *et al.* Operations & Maintenance Best Practices - A Guide to Achieving Operational Efficiency (Release 3). **Pacific Northwest National Laboratory**, [S.L.], p. 1-321, 4 ago. 2010.

TAVARES, Lourival Augusto. **Excelência na Manutenção** - Estratégias, Otimização e Gerenciamento. Salvador: Casa da Qualidade Editora Ltda., 1996.

VIANA, Herbert Ricardo Garcia. **PCM - Planejamento e Controle da Manutenção**. Rio de Janeiro: Qualitymark, 2008.