



Departamento de Engenharia Elétrica  
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi  
Taubaté-Sp 12060-440  
Tel.: (12) 3625-4190  
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

**ALEX DA SILVA MARTINS**

**Plano de manutenção do sistema de automação da climatização dos estúdios da TV  
RECORD-RECNOV: Estudo de caso.**

Taubaté - SP  
2017

**Alex da Silva Martins**

**Plano de manutenção do sistema de automação da climatização dos estúdios da TV  
RECORD-RECNOV: Estudo de caso.**

Trabalho de Graduação apresentado ao Coordenador de Trabalho de Graduação do curso de Engenharia Elétrica e Eletrônica do Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Taubaté, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica.

Orientador (a): Prof. Marcelo Pinheiro Werneck

Taubaté-SP  
2017

**Ficha Catalográfica elaborada pelo SIBi – Sistema Integrado  
de Bibliotecas / UNITAU - Biblioteca das Engenharias**

M386p Martins, Alex da Silva  
Plano de manutenção do sistema de automação da climatização dos estúdios da TV Record-RENOVE: estudo de caso. / Alex da Silva Martins. - 2017.

50f: il; 30 cm.

Monografia (Graduação em Engenharia Elétrica e Eletrônica) – Universidade de Taubaté. Departamento de Engenharia Mecânica e Elétrica, 2017

Orientador: Prof. Me. Marcelo Pinheiro Werneck,  
Departamento de Engenharia Elétrica e Eletrônica.

1. Plano de manutenção. 2. Sistema de automação. 3. Cronograma. I. Título.



Departamento de Engenharia Elétrica  
Rua Daniel Danelli s/nº Jardim Morumbi  
Taubaté-Sp 12060-440  
Tel.: (12) 3625-4190  
e-mail: eng.eletrica@unitau.br

**PLANO DE MANUTENÇÃO DO SISTEMA DE AUTOMAÇÃO DA  
CLIMATIZAÇÃO DOS ESTÚDIOS DA TV RECORD-RECNOV: ESTUDO DE  
CASO.**

**ALEX DA SILVA MARTINS**

ESTE TRABALHO DE GRADUAÇÃO FOI JULGADO ADEQUADO COMO PARTE  
DO REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE “GRADUADO EM  
ENGENHARIA ELÉTRICA”

APROVADO EM SUA FORMA FINAL PELO COORDENADOR DE CURSO DE  
GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA ELÉTRICA

Prof. Dr. MAURO PEDRO PERES  
Coordenador

**BANCA EXAMINADORA:**

Prof. Me. MARCELO PINHEIRO WERNECK  
Orientador/UNITAU-DEE

Prof. SEIDE DA CUNHA FILHO  
UNITAU-DEE

Prof. JOÃO ROBERTO DE MORAES  
UNITAU-DEE

Dezembro de 2017

de modo especial, aos meus pais Custódio H. Martins e Angela Maria S. Martins que são o chão firme e a luz do meu caminho. Também a minha esposa Vilma V. Martins que é a grande incentivadora para que eu continuasse no curso.

## AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar agradeço a Deus, criador do universo, fonte da vida e da graça. Agradeço pela minha vida, minha inteligência, minha família e meus amigos.

Ao meu orientador, *Prof. Marcelo Pinheiro Werneck* que jamais deixou de me atender e incentivar. Sem a sua consideração, orientação, dedicação e auxílio, o estudo aqui apresentado seria praticamente impossível.

Aos meus pais Custódio Henrique Martins e Angela Maria da Silva Martins, que sempre estiveram ao meu lado nos momentos de dúvidas e incertezas, nas quedas e fraquezas, nas lutas e controvérsias. Obrigado por estarem sempre presentes, por tudo que vi, ouvi e aprendi com vocês.

“É possível descobrir mais sobre uma pessoa numa hora de brincadeira do que num ano de conversa”.

Platão

## RESUMO

A utilização de equipamentos e máquinas nas indústrias teve início na revolução industrial, no século XVIII, onde eram utilizadas para realizar tarefas que outrora eram manuais. Já no século XX, quando houve o início da produção em série os sistemas controlados por lógicas de relés trouxeram um grande avanço na automação e nos processos produtivos desta época.

Hoje, cada dia que passa, a automação está mais presente tanto nas indústrias quanto nas residências, shoppings e afins, fazendo com que as empresas se tornem competitivas no mercado por consequência dos avanços tecnológicos da automação. Dentro deste contexto será apresentado um panorama global da automação no Mundo, no Brasil e no Rio de Janeiro, local onde se concentra o estudo de caso, razão deste trabalho. Serão abordados vários tópicos correlacionados ao objetivo do estudo como, por exemplo, tecnologias de comunicação, alguns tipos de controladores disponíveis no mercado, entre outras. Estas informações foram utilizadas para desenvolvimento de um plano de manutenção para os equipamentos de automação (Controle e Monitoramento) do sistema de climatização dos estúdios da Rádio e Televisão Record S/A, para que atenda não só as necessidades da empresa mas que esteja em sintonia com todas as regras e normas para perfeito funcionamento dos estúdios.

**PALAVRAS-CHAVE:** PLANO DE MANUTENÇÃO, SISTEMA DE AUTOMAÇÃO, CRONOGRAMA

## **ABSTRACT**

The use of equipment and machinery in the industry began during the Industrial Revolution in the 18th century, where they were used to carry out tasks which used to be performed manually. In the 20th century, when the series production had its beginning, the systems controlled by relay logic brought a major breakthrough in the automation and the production processes at the time.

Currently, the automation is more and more present not only in industries but also in family homes, malls and the like, making companies more competitive in the market due to the technological breakthroughs of automation. Bearing this context in mind, this paper will present an outlook of automation worldwide, in Brazil and in Rio de Janeiro, where the case study object of this work is located. Several issues related to the object of the study will be approached, such as communications technologies, some types of controllers available in the market, among others. Such data were used to develop a maintenance plan for the automation equipment (Control and Monitoring) of the Record S/A Radio & Television Studios HVAC, not only to meet the needs of the company, but also to be in compliance with all rules and standards for the perfect operation of the studios.

**KEYWORDS:** MAINTENANCE PLAN, AUTOMATION, SCHEDULE

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Logo Protocolo Modbus	17
Figura 2	Modelo Mensagem Modbus	18
Figura 3	Modelo Mestre-Escravo	19
Figura 4	Logo Protocolo Profibus	21
Figura 5	Logo BACnet	22
Figura 6	Estúdios de Gravação I e J	27
Figura 7	Sensor de Temperatura do Estúdio I	28
Figura 8	Estrutura de Montagem da VAV	29
Figura 9	Montagem VAV, Controlador e Atuador	29
Figura 10	CLP Alerton VAV-DD	29
Figura 11	Atuador Elétrico Honeywell	29
Figura 12	Tela Supervisório VAVs do Estúdio I	30
Figura 13	Tela Supervisório VAV-15 do Estúdio I	30
Figura 14	Fancoil e Duto de Ar de Retorno	31
Figura 15	Fancoil do Estúdio I	31
Figura 16	Sensores de Temperatura e Pressão	32
Figura 17	Atuador de Válvula de Água Gelada	32
Figura 18	Veneziana de Renovação de Ar	33
Figura 19	Detalhe Atuador Elétrico da Veneziana	33
Figura 20	Tela Supervisório Fancoil 1 Bloco B do Estúdio I	33
Figura 21	Tela Supervisório Programação Horária do Fancoil 1	34
Figura 22	Painel Elétrico do Fancoil 1	34
Figura 23	Detalhe do Painel Elétrico do Fancoil 1	34
Figura 24	Categorias de Modos de Falha	36

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Análise dos Modos de Falhas Subsistema Condicionador de Ar	38
Tabela 2	Análise dos Modos de Falhas Subsistema Renovação de Ar	39
Tabela 3	Análise dos Modos de Falhas Subsistema Distribuição do Ar	39
Tabela 4	Plano de Manutenção Subsistema Condicionador de Ar	40
Tabela 5	Plano de Manutenção Subsistema Renovação de Ar	41
Tabela 6	Plano de Manutenção Subsistema Distribuição do Ar	41
Tabela 7	Cronograma de Manutenção Subsistema Condicionador de Ar – Parte I	42
Tabela 8	Cronograma de Manutenção Subsistema Condicionador de Ar – Parte II	43
Tabela 9	Cronograma de Manutenção Subsistema Renovação de Ar	43
Tabela 10	Cronograma de Manutenção Subsistema Distribuição de Ar	44

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ANSI	American National Standards Institute
ASCII	American Standard Code for Information Interchange
ASHRAE	American Society of Heating, Refrigeration and Air Conditioning Engineers
BACNET	Building Automation and Control Networks
CAG	Central de Água Gelada
CLP	Controlador Lógico Programável
CRC	Cyclical Redundancy Check
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
ISO	International Organization for Standardization
LRC	Longitudinal Redundancy Check
MCC	Manutenção Centrada em Confiabilidade
MIT	Instituto Tecnológico de Massachusetts
MSTP	Master Slave Token Passing
PROFIBUS	Process Field Bus
RCM	Reliability Centered Maintenance
RECNOV	Record Novelas
RTU	Remote Terminal Unit
SCDC	Sistema Digital de Controle Distribuído
SUB	Subsistema
UART	Universal Asynchronous Receiver Transmitter

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	12
1.1	OBJETIVO	12
1.2	DELIMITAÇÃO DO ESTUDO	13
1.3	JUSTIFICATIVA DO TEMA	13
1.4	ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO	14
<b>2</b>	<b>METODOLOGIA</b>	14
<b>3</b>	<b>CONSIDERAÇÕES SOBRE AUTOMAÇÃO</b>	14
3.1	AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL VS. MECANIZAÇÃO	15
3.1.1	Os computadores e a automação industrial	16
3.1.2	Protocolos de comunicação industrial	16
3.1.3	ProtocoloModbus	17
3.1.3.1	Modo de transmissão	19
3.1.3.2	Modo ASCII	19
3.1.3.3	Modo RTU	20
3.1.4	ProtocoloProfibus	20
3.1.5	ProtocoloBACnet	21
3.1.5.1	Principais características do BACnet	23
3.1.5.2	Breve descrição da comunicação MS/TP	24
<b>4</b>	<b>ESTUDOS DE CASO NA RÁDIO E TELEVISÃO RECORD SA</b>	24
4.1	BREVE HISTÓRIA DA EMPRESA	24
4.2	OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO	26
4.2.1	Componentes do sistema de automação	28
4.2.1.1	Controle de temperatura e vazão de ar condicionado	28
4.2.1.2	Fator ar de retorno	31
4.2.1.3	Aplicação do RCM ou MCC	35
4.2.3	Elaboração do plano de manutenção	36
4.2.3.1	Definição das fronteiras do sistema	37
4.2.3.2	Aplicação da técnica FMEA	37
4.2.3.3	Plano de manutenção	40
4.2.3.4	Cronograma de manutenção	42
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES</b>	45
	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	46

# 1 INTRODUÇÃO

A palavra automação está diretamente ligada ao controle automático, ou seja, ações que não dependem da intervenção humana. Este conceito é discutível, a “mão do homem” sempre será necessária, pois sem ela não seria possível a construção e implementação dos processos automáticos.

Historicamente, o surgimento da automação está ligado com a mecanização, sendo muito antigo, remontando da época de 3500 e 3200 a.C. com a utilização da roda.

O objetivo era sempre o mesmo, o de simplificar o trabalho do homem, de forma a substituir o esforço braçal por outros meios e mecanismos, liberando o tempo disponível para outros afazeres, valorizando o tempo útil para as atividades do intelecto, das artes, lazer ou simplesmente entretenimento. Enfim, nos tempos modernos, entende-se por automação qualquer sistema apoiado em microprocessadores que substituirão trabalho humano.

Atualmente, a automação industrial é muito aplicada para melhorar a produtividade e qualidade nos processos considerados repetitivos, estando presente no dia-a-dia das empresas para apoiar conceitos de produção tais como os Sistemas Flexíveis de Manufatura.

Os sistemas automatizados podem ser aplicados em simples máquina ou em toda indústria, como é o caso das usinas de cana e açúcar. A diferença está no número de elementos monitorados e controlados, denominados de “pontos”. Estes podem ser simples válvulas ou servo motores, cuja eletrônica de controle é bem complexa.

## 1.1 OBJETIVO

Criar um plano de manutenção para o sistema de automação dos equipamentos de climatização dos estúdios de gravação que atende o RECNOV (Unidade da TV Record onde são gravadas suas Novelas), contemplando as questões de Operação, Manutenção, Meio Ambiente, Segurança, Qualidade e Confiabilidade deste item que é de suma importância para o bom funcionamento da empresa, dando segurança para as instalações e conforto aos seus colaboradores, clientes e visitantes.

## 1.2 DELIMITAÇÃO DO ESTUDO

Este trabalho tem por objetivo principal documentar um plano de manutenção para o sistema de automação da climatização dos estúdios de gravação da Radio e Televisão Record S/A em sua Unidade do Rio de Janeiro, chamada de RECNOV (Record Novelas).

O Plano de manutenção irá atender todos os requisitos necessários para manter a disponibilidade do sistema, baseando-se nas normas vigentes; Ambientais; Técnicas; Recomendações técnicas dos fabricantes de equipamentos; e também com orientações oriundas de artigos técnicos publicados por especialistas no assunto.

## 1.3 JUSTIFICATIVA DO TEMA

A pesquisa foca o complexo de novelas da TV Record o RECNOV. Em uma questão importante da empresa que é a climatização (ar condicionado) dos estúdios para as gravações de novelas. Desde o início das operações do complexo em 2005 a climatização dos estúdios de gravação é uma questão de grande importância e que demanda uma grande atenção iniciando na elaboração do projeto com o dimensionamento dos equipamentos passando pela fase de instalação, ativação, balanceamento e comissionamento do sistema.

A climatização dos estúdios é necessária devido ao grande número de lâmpadas que geram calor e equipamentos especiais que necessitam de temperaturas controladas. A automatização dos equipamentos de climatização proporciona maior controle da temperatura, umidade e CO<sub>2</sub> dos estúdios.

Sendo assim, foi desenvolvido um projeto em 2006 para a automatização e monitoramento do sistema de climatização dos estúdios D, E, F, Prédio Camarins e CAG-02, posteriormente, em 2007 ocorreram à automatização dos estúdios G, H, CAG-01 e em 2011 foram os estúdios I e J.

A automatização do sistema de climatização dos estúdios é o foco deste estudo, pois desde que foi implantado, este sistema carece de um plano organizado de manutenção que contenha todas as instruções técnicas necessárias.

A manutenção tem sido feita na modalidade corretiva já que não existe um plano preventivo definido, o que motivou este trabalho.

## 1.4 ORGANIZAÇÃO DO TRABALHO

A partir do capítulo 3 é dada uma visão global da automação industrial no Mundo e no Brasil, onde serão abordados vários temas relacionados à Automação.

No Capítulo 4 será desenvolvido o objetivo deste trabalho que é o Plano de manutenção da automação do sistema de climatização de um estúdio de gravação, se utilizando das informações pesquisadas e das técnicas de manutenção, este capítulo visa reunir o maior número de instruções necessárias para aumentar a disponibilidade do sistema dando uma diretriz aos operadores e mantenedores da instalação.

No Capítulo 5 serão apresentadas as conclusões com as considerações pertinentes.

No Capítulo 6 será apresentada o referencial bibliográfico deste trabalho.

## 2 METODOLOGIA

A metodologia para desenvolvimento deste TCC, foi baseada em diversas literaturas de áreas afins, normas técnicas, manuais dos fabricantes, metodologias clássicas da manutenção como RCM e conhecimentos específicos da instalação com base nas ocorrências de manutenções corretivas, que por se tratar de uma instalação nova é a única modalidade praticada atualmente.

## 3 CONSIDERAÇÕES SOBRE AUTOMAÇÃO

O termo automação provém do latim Automatus, que significa mover-se por si, a automação é a aplicação de técnicas computadorizadas ou mecânicas para diminuir o uso de mão de obra em qualquer processo, especialmente o uso de robôs nas linhas de produção. A automação diminui os custos e aumenta a velocidade da produção.

Para entendermos o que é automação, primeiro devemos olhar para os anos 50. Foi nessa época, também conhecida como anos dourados, que o termo automação começou a se popularizar. Assim, descrevia-se a movimentação automática de materiais.

Desde meados do século XVIII o homem já caminhava no campo da automação industrial com o aperfeiçoamento dos processos de produção, como por exemplo a mudança do processo artesanal na produção industrial na Inglaterra.

Se pararmos para pensar por um instante podemos perceber como a automação está intimamente ligada ao nosso dia-a-dia, desde o despertador que utilizamos para acordar, os semáforos que nos controlam o trânsito, iluminação pública e etc.

Os sistemas de automação estão presentes em diversos processos, podemos tomar como exemplo no segmento ferroviário um sistema de metrô, grosso modo, é um conjunto de vagões que devem parar em locais pré-determinados ao longo de um circuito fechado.

Entretanto, os próprios vagões possuem seus sistemas de automação. Alguns exemplos são: fechamento de portas, controle de velocidade em relação a distância da estação, sistema de freio e segurança, controle de iluminação, anunciar o nome da próxima estação através do sistema de áudio, parar na estação, aguardar um determinado intervalo de tempo e repetir ciclo.

Ao aprofundar na temática, podemos perceber que os aparelhos de ar-condicionado presentes dentro de cada vagão do metrô possuem suas próprias rotinas automatizadas. Como, por exemplo, ligar caso a temperatura esteja acima de 25° C.

Tudo isso se tornou possível graças ao surgimento de vários dispositivos como controladores, temporizadores, relés e diversos tipos de sensores que são fundamentais à automação.

### 3.1 AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL VS. MECANIZAÇÃO

Um ponto que vale destacar é a diferença entre a automação e a mecanização, mesmo que em um primeiro instante estas duas palavras possam dar a impressão de ter um significado semelhante, seus conceitos são completamente diferentes.

A automação permite realizarmos algum trabalho através de máquinas controladas automaticamente. Já a mecanização, simplesmente se limita ao emprego de máquinas para executar alguma tarefa, substituindo o esforço físico.

### **3.1.1 Os computadores e a automação industrial**

No século XX, os computadores, servomecanismos e controladores programáveis passaram a fazer parte da tecnologia da automação industrial, hoje, os computadores podem ser considerados a principal base da automação industrial contemporânea. Logo após isso, tivemos a invenção da régua de cálculo e também da máquina aritmética.

A partir desse momento, podemos começar a considerar que o desenvolvimento da tecnologia da automação industrial está diretamente ligado com a evolução dos computadores de um modo geral.

Já em 1948, John T. Parsons criou um método que consistia no uso de cartões perfurados com informações que serviam para controlar movimentos de uma máquina-ferramenta. Este método foi apresentado para a Força Aérea, que investiu em outros projetos do Laboratório de Servomecanismos do Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT).

Após alguns anos, isto acabou culminando em um protótipo de fresadora com três eixos com servomecanismos de posição. A partir deste momento, várias empresas privadas que fabricavam máquinas-ferramentas começaram a desenvolver projetos particulares.

E finalmente em 1954 surgiram os primeiros robôs (do tcheco robota, que significa “escravo”) pelas mãos do americano George Devol, que alguns anos depois fundaria a fábrica de robôs Unimation.

Inicialmente, eles substituíram a mão de obra no transporte de materiais perigosos, mas, poucos anos depois, a General Motors instalou robôs em sua linha de produção para a soldagem de carrocerias. A partir daí, os processos de automação industrial continuaram a evoluir até chegar aos dias atuais.

A parte mais conhecida da automação, atualmente, está ligada à robótica, mas também é utilizada nas indústrias química, petroquímicas e farmacêuticas, com o uso de transmissores de pressão, vazão, temperatura e outras variáveis necessárias para um SDCD (Sistema Digital de Controle Distribuído) ou CLP (Controlador Lógico Programável).

### **3.1.2 Protocolos de comunicação industrial**

A tecnologia da informação tem sido determinante no desenvolvimento da tecnologia da automação, alterou hierarquias e estruturas no ambiente dos escritórios e chega agora ao

ambiente industrial nos seus mais diversos setores, desde as indústrias de processo e manufatura até prédios e sistemas logísticos. A capacidade de comunicação entre dispositivos e o uso de mecanismos padronizados, abertos e transparentes são componentes indispensáveis do conceito de automação de hoje.

A comunicação vem se expandindo rapidamente no sentido horizontal nos níveis inferiores (fieldlevel), assim como no sentido vertical integrando todos os níveis hierárquicos.

De acordo com as características da aplicação e do custo máximo a ser atingido, uma combinação gradual de diferentes sistemas de comunicação, tais como Ethernet, Profibus, Modbus e Bacnet, oferece as condições ideais de redes abertas em processos industriais. (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2000).

### 3.1.3 Protocolo Modbus

Este protocolo define uma estrutura de mensagens compostas por bytes, que os mais diversos tipos de dispositivos são capazes de reconhecer (ALFA INSTRUMENTOS, 2000).

Embora seja utilizado normalmente sobre conexões seriais padrão RS-232, ele também pode ser usado como um protocolo da camada de aplicação de redes industriais tais como TCP/IP sobre Ethernet e MAP (SEIXAS, 2008).

The logo for the Modbus protocol, featuring the word "Modbus" in a bold, black, sans-serif font. A registered trademark symbol (®) is positioned to the upper right of the text.

Figura 01 – Logo Protocolo Modbus  
Fonte: Rotork.com (2013)

No campo das Redes Industriais, este é talvez o protocolo de mais larga utilização, já que diversos controladores e ferramentas para desenvolvimento de sistemas supervisórios utilizam este protocolo, isto se deve a sua grande simplicidade e facilidade de implementação.

O Protocolo Modbus é baseado no modelo de comunicação mestre-escravo, onde apenas o único dispositivo mestre pode inicializar a comunicação, também conhecida como query, e os demais dispositivos escravos, respondem enviando os dados solicitados pelo mestre, ou realizam alguma ação solicitada.

O dispositivo mestre pode endereçar cada dispositivo escravo da rede individualmente ou acessar a todos da rede através de mensagens em broadcast. Veja os exemplos de comunicação mestre-escravo na Figura 2.

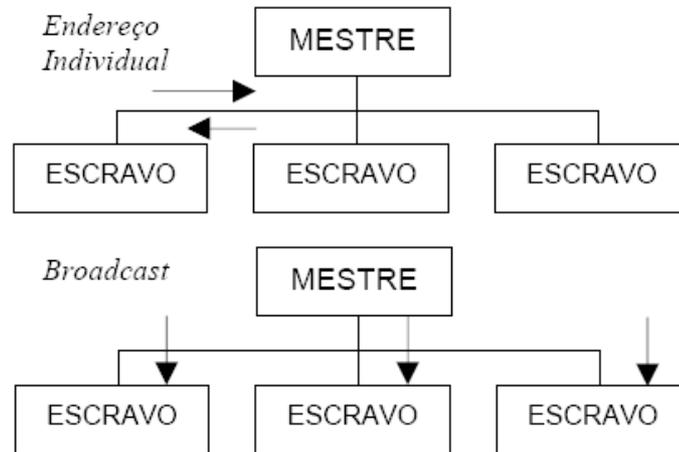


Figura 02 – Modelo Mestre-Escravo  
Fonte: Artigo Protocolo Modbus (2003)

Quando o mestre envia uma mensagem endereçada a um escravo, apenas o dispositivo endereçado retorna uma resposta a uma query e nunca são gerados respostas quando uma query for do tipo broadcast. O formato das mensagens (query) definidas pelo protocolo Modbus é estabelecido da seguinte forma:

- Endereço do escravo ou endereço para broadcast;
- Código da função que indica qual ação deve ser realizado;
- Parâmetros necessários para as funções;
- Campo Checksum para verificar a integridade dos dados.

Já o formato das respostas (response) segue o mesmo modelo de uma query, porém, são ajustadas obedecendo ao formato da função requerida:

- Confirmação da função;
- Parâmetros pertinentes às funções;
- Campo Checksum.

Na existência de algum erro de comunicação, ou se o escravo não estiver apto para atender a função requisitada, o dispositivo escravo monta uma mensagem denominada

exception, a qual justifica o não atendimento da função. Veja uma representação do modelo de comunicação na Figura 3.

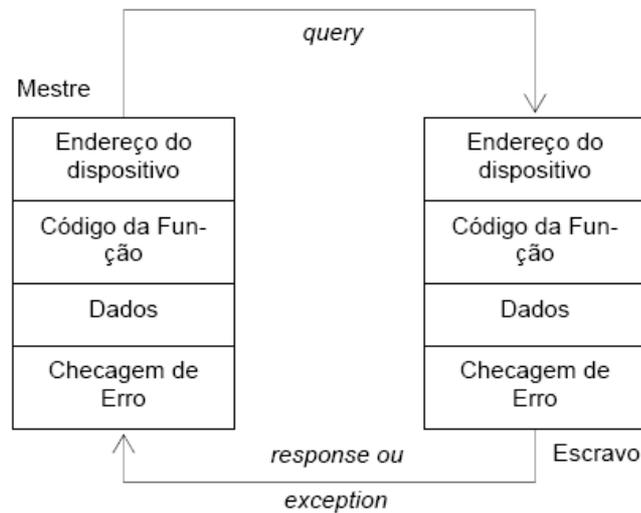


Figura 03 – Modelo Mensagem Modbus  
Fonte: Artigo Protocolo Modbus (2003)

### 3.1.3.1 Modos de transmissão

O protocolo Modbus pode ser configurado para trabalhar com um dos dois modos de transmissão disponíveis: ASCII (American Code for Information Interchange) ou RTU (Remote Terminal Unit), os quais definem como os dados serão empacotados na mensagem, estes modos são escolhidos durante a configuração dos parâmetros de comunicação, tais como: baud rate, paridade, stop bits.

Em uma rede industrial utilizando o protocolo Modbus, todos os dispositivos da rede devem ser configurados com o mesmo modo de transmissão.

### 3.1.3.2 Modo ASCII

Neste modo todas as palavras de dado da mensagem são enviadas dois caracteres no padrão ASCII. A principal vantagem deste modo de transmissão é a possibilidade de haver grandes intervalos entre o envio de dados de uma mesma mensagem.

O framing de dados que é composto por várias palavras de dados e apresentará somente valores de 30H à 39H e 41H à 46H, que correspondem respectivamente aos números

de 0 à 9 e A à F no padrão hexadecimal e 0 à 9 e 10 à 15 no padrão decimal (ALFA INSTRUMENTOS, 2000).

No modo ASCII a quantidade de bits por cada palavra de dados do framing sempre será igual a 10, independente da configuração escolhida.

Estas são as possíveis configurações:

- 1 Start bit, 7 data bits, semparidade e 2 stop bits;
- 1 Start bit, 7 data bits, paridade PAR e 1 stop bits;
- 1 Start bit, 7 data bits, paridade IMPAR e 1 stop bits.

No campo de checksum é utilizado o método LRC (Longitudinal RedundancyCheck).

### 3.1.3.3 Modo RTU

Um dispositivo configurado para este modo, para cada palavra de dados da mensagem é enviado apenas um caracter no padrão HEXADECIMAL. A principal vantagem deste modo RTU em relação ao ASCII é a maior densidade de caracteres que é enviada numa mesma mensagem, aumentando o desempenho da comunicação.

Neste modo de transmissão a palavra de dados sempre será igual a 11, independente da configuração dos parâmetros.

- 1 Start bit, 8 data bits, semparidade e 2 stop bits;
- 1 Start bit, 8 data bits, paridade PAR e 1 stop bits;
- 1 Start bit, 8 data bits, paridade IMPAR e 1 stop bits;

O campo checksum do framing é gerado pelo método CRC (CyclicalRedundancyCheck).

### 3.1.4 Protocolo Profibus

O Profibus é um padrão aberto de rede de comunicação industrial, utilizado em um amplo espectro de aplicações em automação da manufatura, de processos e predial. Sua total

independência de fabricantes e sua padronização são garantidas pelas normas EN50170 e EN50254.



Figura 04 – Logo Protocolo Profibus  
Fonte: us.profinet.com (2013)

Com o Profibus, dispositivos de diferentes fabricantes podem comunicar-se sem a necessidade de qualquer adaptação na interface podendo também ser usado tanto em aplicações com transmissão de dados em alta velocidade como em tarefas complexas e extensas de comunicação.

Através de seu contínuo esforço de desenvolvimento tecnológico, o profibus é o sistema de comunicação industrial mais bem preparado para o futuro. A Organização de usuários profibus está atualmente trabalhando na implementação de conceitos universais para integração vertical baseada em TCP/IP.

O profibus oferece diferentes protocolos de comunicação, onde, de acordo com a aplicação, pode-se utilizar como meio de transmissão qualquer um dos seguintes padrões: RS-485, IEC 61158-2 ou Fibra Ótica.

O Perfil da Aplicação define as opções do protocolo e da tecnologia de transmissão requerida nas respectivas áreas de aplicação e para os vários tipos de dispositivos. Estes perfis também definem o comportamento do dispositivo (ASSOCIAÇÃO PROFIBUS BRASIL, 2000).

### 3.1.5 Protocolo BACnet

O BACnet é um protocolo completo de redes de automação predial criado pela ASHRAE e padronizado pela primeira vez em 1995.

Foi desenvolvido especificamente para intermediar toda e qualquer comunicação necessária em sistemas de automação e controle em prédios para diversas aplicações como aquecimento, ventilação, ar-condicionado, iluminação, controle de acesso e sistemas de detecção e alarme de incêndio.



Figura 05 – Logo Protocolo BACnet

Fonte: Bacnet academy.org (2013)

O protocolo BACnet provê mecanismos pelos quais equipamentos e computadores de funções arbitrárias podem trocar informações, não interessando sua função no prédio ou seu fabricante. Como resultado, o BACnet pode ser utilizado por todo tipo de equipamento, como computadores, palmtops, laptops, gerenciadores complexos de rede, controladores digitais ou simples sensores.

A maior motivação para o surgimento do grupo de estudos para este protocolo e sua posterior padronização foi o acentuado desejo de proprietários de prédios, operadores, fabricantes e prestadores de serviços de interoperabilidade, que, como dito anteriormente, é a habilidade de integrar equipamentos de diversos fabricantes em um sistema coerente de automação e controle e torná-lo perfeitamente competitivo no mercado.

Para alcançar esse desafio, o grupo responsável solicitou e ouviu dezenas de fabricantes e usuários individuais; revisou todos os importantes padrões internacionais de comunicação e dispensou horas de debates discutindo os prós e os contras do protocolo.

Posteriormente tornou-se um padrão ANSI, em 1995, mas veio a se difundir amplamente somente quando se tornou um padrão ISO (ISO 16484-5). Desde que foi padronizado, o padrão foi traduzido para diversas línguas e vem sendo largamente utilizados por grandes fabricantes e prestadores de serviços na área de automação predial como a Honeywell, Rockwell e Johnson Controles.

Um grupo de trabalho é mantido permanentemente por essas empresas para garantir as constantes atualizações do protocolo. Algumas das características que já foram inseridas no protocolo desde sua padronização foram: incremento nas capacidades de interconectar sistemas em diferentes lugares utilizando protocolos de internet; novos objetos e serviços foram adicionados para dar maior suporte a sistemas de detecção e alarmes de incêndio e outras aplicações de bem-estar e segurança; capacidades de realizar backup's e restaurar equipamentos; padronização de formas de se criar gráficos de tendências; novas ferramentas para tornar mais fácil o desenvolvimento; mecanismos para tornar interoperáveis extensões criadas por cada fabricante, novos meios físicos de transmissão, como o ZigBee; e muitos outros.

Todos os protocolos de comunicação são, no final das contas, uma coleção de soluções consagradas para problemas de troca de informações e todos estão sujeitos a mudanças com o tempo e o avanço da tecnologia.

O BACnet não é exceção, mas desde sua concepção, ele foi preparado para incorporar grande parte dessas mudanças e por isso tornou-se um dos protocolos mais utilizados e promissores.

### 3.1.5.1 Principais características do Protocolo BACnet

O protocolo apresenta como principais características:

- Todos os equipamentos (exceto os escravos em uma rede MS/TP) são agentes ativos, porém alguns desses agentes podem ter privilégios e responsabilidades maiores que outros;
- Cada dispositivo na rede é modelado como uma coleção de objetos. Cada objeto é caracterizado por um conjunto de atributos (ou propriedades) e métodos (ou funcionalidades), onde o padrão ISO define alguns e cada fabricante é livre para descrever suas propriedades próprias;
- A comunicação deve ser realizada por leituras e escritas de objetos particulares e por uma mútua execução de serviços disponibilizados por cada dispositivo, e esses serviços também são padronizados, mas outros podem ser desenvolvidos por cada fabricante;
- Devido ao padrão aderir ao conceito ISO de uma arquitetura de comunicação em camadas, às mesmas mensagens pode ser trocado utilizando variados tipos de acesso à rede e meios físicos. Isso significa que uma rede BACnet pode ser configurada para uma grande variedade de velocidades e fluxos de rede. Vários tipos de rede BACnet podem ser interconectadas, e essa flexibilidade permite que novas tecnologias possam ser adotadas pelo protocolo futuramente, o que significa uma grande vantagem perante outros protocolos, pois uma vez implementados, mudar toda uma linha de produção ou uma instalação devido a uma nova tecnologia é um grande desperdício.

### 3.1.5.2 Breve Descrição da Comunicação MS / TP

O BACnet adota o protocolo MS/TP como um dos seus protocolos de rede local, onde é utilizado para fazer a conexão entre os dispositivos de campo. O protocolo MS/TP, Master Slave/Token-Passing, foi desenvolvido especificamente para automação predial e sistemas de controle a serem implementados usando um único microprocessador com a UART, Universal Asynchronous Receiver/Transmitter.

As redes MS/TP podem ser configuradas como uma rede master/slave, uma rede peer-to-peertokenpassing, ou uma rede mista composta de ambas. Existem dois diferentes gêneros de nós de não-reciprocidade em redes MS/TP, os nós mestres e os escravos.

O token é transmitido com a finalidade de regular o acesso ao meio, circulando de um nó mestre a outros de acordo com o endereço lógico da rede. Um nó mestre pode transmitir mensagens aos demais nós mestres ou escravos somente quando é mantenedor do token, caso contrário, estará em modo de recepção e monitoramento.

## **4 ESTUDO DE CASO NA RADIO E TELEVISÃO RECORD S/A**

### 4.1 BREVE HISTÓRIA DA EMPRESA

Nasceu às 20 horas do dia 27 de setembro de 1953 a TV Record, que entrou no ar com a exibição de um programa musical apresentado por Sandra Amaral e Hélio Ansaldo. A sorte estava lançada e a história da emissora que mais contribuiu para a evolução da música popular brasileira estava apenas começando. Equipada com a tecnologia mais avançada para a época, a chegada da TV Record causou impacto na imprensa.

O jornal "O Estado de S. Paulo", por exemplo, publicou uma matéria de página inteira com o título: "Entra no ar em São Paulo uma das maiores tevês do mundo". Estava provado que a ousadia dos proprietários, a família Machado de Carvalho, valeria a pena.

Nos primeiros anos, a emissora dedicou-se aos programas musicais como "Grandes Espetáculos União", apresentado por Blota Jr. e Sandra Amaral, tornando-se líder de audiência em pouco tempo. Além de shows, a TV Record investiu em telejornais. Mas foi a

programação esportiva que acabou sendo um dos grandes trunfos da emissora. Programas como o famoso "Mesa Redonda" ([link](#)), criado em 1954 e apresentado por Geraldo José de Almeida e Raul Tabajara, fizeram escola na televisão.

A emissora também resolveu sair a campo e transmitir, ao vivo, partidas de futebol. A partir daí, tornou-se pioneira na cobertura esportiva, transmitindo quase todos os acontecimentos esportivos em São Paulo como, por exemplo, lutas do Campeonato de Pugilismo. A Record foi a primeira emissora a transmitir, ao vivo, o Grande Prêmio de Turfe do Brasil, em 1956, direto do Jockey Club do Rio de Janeiro.

Mas o Canal 7 só entrou para valer na era das cores quando passou a exibir a série UFO, uma produção americana de filmes de ficção. Apesar da concorrência e das dificuldades técnicas provocadas pelos diversos incêndios que atingiram a RECORD no final dos anos 60, a emissora crescia e mantinha o segundo lugar em audiência. Foi nessa época que o empresário e comunicador Sílvio Santos passou a fazer parte da TV Record. Surgiu, então, uma nova fase na história da emissora.

Na década de 1980 o primeiro passo foi investir na expansão da TV, visando a cobertura total do Estado de São Paulo e assim foi se mantendo até que uma grande virada despontou na década de 90 com a mudança do controle acionário. Deu-se início a uma nova fase, pois a Record passa a ser comandado pelo Bispo Edir Macedo da Igreja Universal do Reino de Deus e ampliou sua programação, mantendo o jornalismo como carro-chefe e iniciou a formação de uma rede nacional de emissoras.

A emissora mudou-se da sua sede próxima ao aeroporto de Congonhas para a sede do bairro da Barra Funda (SP) em 1995, adquirindo a sede da antiga TV Jovem Pan e em Outubro de 1998, adquiriu sua primeira unidade móvel totalmente digital: um caminhão com quatro câmeras, um Switcher (aparelho que muda as imagens das câmeras no ar) e 3 aparelhos de edição Vídeo -Tape com slow-motion (câmera lenta).

Em 2013 a Record comemora 60 anos e torna-se a rede de televisão mais antiga em operação no país.

Em 10 de março de 2005, a Record finalizou a compra dos estúdios onde o humorista Renato Aragão produzia seus filmes. O complexo passou a se chamar RECNOV (Record Novelas) e fica no bairro de Vargem Grande, no Rio de Janeiro.

O terreno adquirido possuía 75 mil m<sup>2</sup> de área total com 8 mil m<sup>2</sup> de área construída onde haviam três estúdios: 2 deles com 1120 m<sup>2</sup>, ideais para a produção de novelas e um o terceiro estúdio com 340 m<sup>2</sup>.

Equipamentos de última geração foram instalados nas dependências da RECNOV, além de carros de gravação externa equipados com tecnologia de ponta. As gravações de Prova de Amor, a primeira novela produzida nesses estúdios, foram iniciadas em 08 de setembro de 2005.

A RECNOV foi passando por ampliações. Mais dois estúdios com uma área total de 3,5 mil m<sup>2</sup> foram construídos em 2006, além de um prédio que abriga as áreas administrativas e camarins. Em outro galpão construído com 2,5 mil m<sup>2</sup> fica a Fábrica de Cenários. Ainda em 2006 foram construídos mais três estúdios com 5,6 mil m<sup>2</sup> de área total e um depósito de cenários com 2,5 mil m<sup>2</sup>. Em 2007 foram construídos os estúdios G, H e a subestação SE-03.

Em 2009 as ampliações continuaram com a construção de mais dois estúdios I, J e adquiriu terrenos vizinhos ampliando consideravelmente sua área total, passando dos 75 mil m<sup>2</sup> para uma área de 250 mil m<sup>2</sup>.

Os Investimentos continuam e o crescimento da RECNOV (complexo de teledramaturgia da Record) é impressionante. O Complexo está localizado na estrada dos bandeirantes nº23505 no bairro de Vargem grande. Uma área que ainda está em desenvolvimento na Cidade do Rio de Janeiro e por este motivo tem carências de infraestrutura que para atender um complexo que tem em seu plano diretor um projeto de atingir o 200.000m<sup>2</sup> de área construída e contar com uma população de 4000 funcionários até meados de 2016. Em 2013 a empresa conta com mais de 1000 funcionários, além de receber visitas e figurantes que variam esta população em +10%.

O impacto deste crescimento fez com que a empresa tomasse providências no intuito de suprir estas deficiências de infraestrutura e investisse na aquisição de Geradores de energia, Implantação de uma estação de tratamento de água e construção de fossas sépticas, pois as concessionárias de serviço público não tinham como atender as demandas do site. Nos capítulos seguintes a instalação do sistema de automação da climatização do estúdio I será detalhada.

#### 4.2 OPERAÇÃO E MANUTENÇÃO

A operação e manutenção mecânica do sistema de climatização do estúdio I são realizadas por uma empresa terceirizada especializada na área de refrigeração, porém sob a orientação de um engenheiro mecânico gestor de contratos da área de refrigeração que atende o Recnov.

A responsabilidade do operador se limita á observar o funcionamento dos dispositivos e alertar a manutenção caso perceba alguma anormalidade, também está sob sua responsabilidade dar apoio e acompanhar as outras áreas que prestam serviço de manutenção nos equipamentos de climatização que atendem o estúdio I.



Figura 06 – Estúdios de Gravação I e J  
Fonte: RECORD (2010)

A manutenção dos equipamentos de automação do sistema de climatização do estúdio I é realizada por técnicos da própria Record que foram treinados pela empresa representante do sistema de automação HVAC existente no Recnov.

Hoje, o sistema de automação existente é do fabricante de controladores Alerton, que trabalha com os protocolos BACnetIP e MS/TP, com sede nos estados unidos e representantes autorizados em vários países ao redor do mundo.

A Manutenção do sistema de automação só é feita corretivamente quando algum problema é detectado pelo operador e a equipe de manutenção é orientada pelo Engº de Manutenção. Porém não foi desenvolvido um plano específico e detalhado que oriente a todos de todas as ações que devem ser feitas preventivamente para garantir o bom funcionamento do sistema em todos os aspectos. Por este motivo este trabalho de conclusão visa dar o suporte necessário através de um plano simples e objetivo que possibilitará o bom desempenho e ampliação da vida útil dos equipamentos lá instalados.

#### 4.2.1 Componentes do sistema de automação

Neste tópico serão detalhados os equipamentos utilizados para o monitoramento e controle da climatização do estúdio I.

Os equipamentos de automação instalados no estúdio I são de grande importância para o bom funcionamento do prédio de uma forma geral, pois atuam diretamente com a operação tornando rápida e precisa, melhora a condição de conforto para os usuários que trabalham dentro do estúdio e auxiliam consideravelmente na economia de energia elétrica mantendo ligado somente o que é necessário para o nível de climatização solicitado.

##### 4.2.1.1 Controle de temperatura e vazão de ar condicionado

A temperatura do estúdio é monitorada por 16 sensores que estão distribuídos internamente e posicionados a 2 metros de altura nas paredes laterais.



Figura 07 – Sensor de Temperatura Estúdio I  
Fonte: RECORD (2010)

Estes sensores são utilizados para monitorar a temperatura em vários pontos dentro do estúdio, pois de acordo com a demanda e por o estúdio ter 1000 m<sup>2</sup> tem acontecido de montarem cenários para as gravações em apenas parte do estúdio o que ocasiona uma grande diferença de temperatura entre o local que está vago e a parte que está com cenário montado.

Para amenizar este fato é utilizada a informação dos sensores de temperatura para controlar uma VAV (Volume de Ar Variável) direcionando o ar condicionado para a região

do estúdio que realmente precisa, reduzindo no local que não a demanda de climatização contribuindo potencialmente com a redução de custos com energia.



Figura 08 – Estrutura Montagem VAV  
Fonte: Troxtechnik.com (2013)

Utilizou-se o controlador (CLP) modelo VAV-DD da Alerton que atende duas VAV e também utiliza o diferencial de pressão como uma das variáveis para executar o controle de vazão de ar. No estúdio I existem 16 linhas de dutos para distribuição do ar condicionado que estão conectados a 16 VAVs que trabalham em conjunto com os 16 atuadores elétricos, 16 sensores de temperatura e oito controlador CLP com sensor diferencial de pressão para assim garantir o controle da vazão de ar condicionado, diminuir a vazão de ar nos locais que não tem demanda e executar um controle da temperatura proporcionando também economia de energia.



Figura 11 – Atuador Elétrico Honeywell  
Fonte: Customer.honeywell.com (2013)



A figura 13 apresenta a tela gráfica da VAV-15 onde é possível monitorar o valor de um dos sensores de temperatura que fica dentro do estúdio I, a vazão de ar da VAV em  $m^3/h$ , alterar o valor de *setpoint* de operação da VAV, definir a vazão mínima e máxima para atender a necessidade de troca e renovação de ar (vazão mínima) e a questão de acústica (vazão máxima) que dependendo da velocidade de insuflamento do ar o sistema gera ruídos que são captados pelos microfones que são de alta sensibilidade.

#### 4.2.1.2 Fator ar de retorno

O estúdio I é composto de duas casas de máquinas que foram distribuídas uma de cada lado do prédio que identificamos como bloco A e B. Em cada bloco existem dois fancoil que atendem exclusivamente a climatização do estúdio I.



Figura 15 – Fancoil Estúdio I  
Fonte: RECORD (2010)

O estúdio é climatizado por quatro fancoil de 40 TR cada da marca Carrier e são monitorados e controlados pelo sistema de automação.

Dentro da casa de máquinas, nos dutos de retorno, foram acoplados atenuadores de ruído para que o ruído da casa de máquinas não entre no estúdio pelos dutos de ar condicionado.

Em cada fancoil existem sensores e atuadores que são monitorados e controlados pelo supervisório para atender as necessidades de climatização do estúdio I.

Em cada fancoil utilizamos, um atuador elétrico para uma válvula de 2 vias (V2V) que faz a abertura e fechamento da válvula e controla a vazão de água gelada para a serpentina do fancoil, um sensor de pressão diferencial que faz a comparação da pressão interna da máquina com referência a pressão externa para indicar a situação dos filtros de ar se estão necessitando de limpeza ou não, que pode se visto na figura 17. Outro sensor de pressão diferencial mostrado na figura 16 faz a comparação da pressão dentro do duto de insuflamento, logo na saída do fancoil, com referência a pressão externa para determinar se o fancoil realmente está ligado ou, caso o supervisor de o comando para ligar o fancoil e não recebe a confirmação do sensor diferencial de duto de insuflamento é então gerado um alarme indicando problema no funcionamento do fancoil.



Figura 17 – Atuador Válvula de água Gelada  
Fonte: RECORD (2010)

A figura 16 mostra o sensor de pressão diferencial no duto de insuflamento é também utilizado para controle do motor ventilador do fancoil por meio de um variador de frequência, pois quando as VAVs estão fechada a pressão dentro dos dutos aumenta e por consequência acaba gerando ruído de ventilação que interfere no áudio das gravações dentro do estúdio. É por isso que quando a pressão dentro do duto aumenta temos que diminuir o motor ventilador dos fancoils.

Para o controle do fancoil também são utilizados dois sensores de temperatura, figura 16, um no duto de insuflamento e outro no de retorno que o supervisor utiliza para o controle da vazão de água gelada na serpentina do fancoil.

As figuras 18 e 19 mostra a veneziana de renovação de ar existente em cada casa de máquina que são abertas ou fechadas pelo sistema de automação de acordo com o nível de CO2 obtido pelo sensor instalado no duto de ar de retorno do estúdio, ver figura 14.

Quando o valor de CO<sub>2</sub> atinge o valor *setpoint* o sistema de automação aciona o atuador elétrico da veneziana.



Figura 19 – Detalhe Atuador Elétrico Veneziana  
Fonte: RECORD (2010)

Na figura 20 é possível verificar as informações dos sensores que estão atrelados a lógica de controle e funcionamento do fancoil.

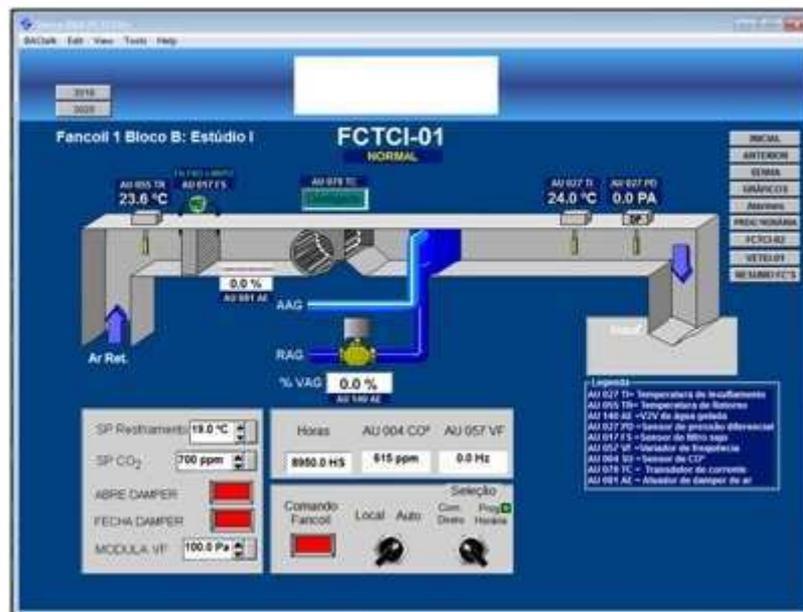


Figura 20 – Tela Supervisório Fancoil 1 Bloco B do Estúdio I  
Fonte: RECORD (2010)

Existe uma chave que fica instalada no painel elétrico que atende o fancoil que nos permite desconectar o controle do fancoil do supervisor (posição automático), passando

então para acionamento manual (posição local) onde ligamos e desligamos o fancoilacionando botões de liga e desliga no painel elétrico. Na tela do supervisor podemos visualizar a posição da chave, ver figura 20. O fancoil também pode ser acionado de acordo com uma programação horária onde podemos já deixar programado o acionamento de desligamento do fancoil, conforme mostra a figura 21.

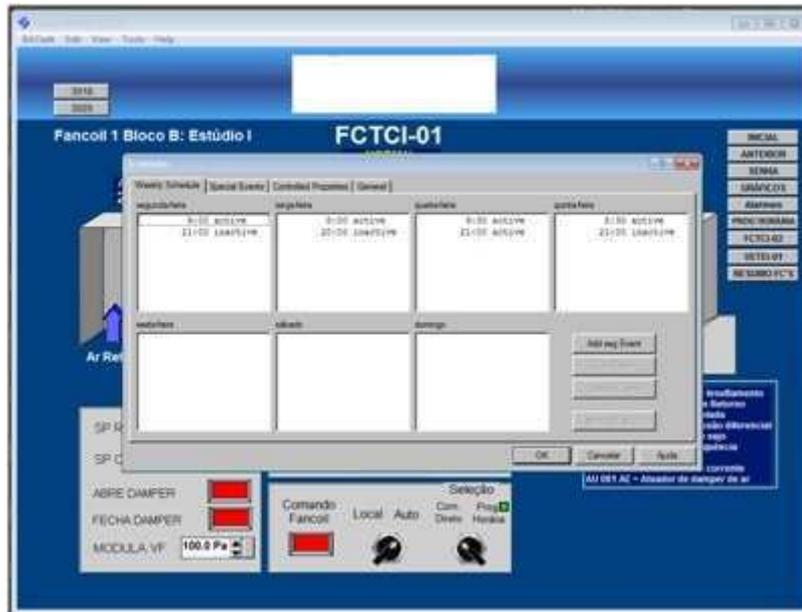


Figura 21 – Tela Supervisor Programação Horária do Fancoil 1  
Fonte: RECORD (2010)

A figura 22 e 23 mostra o painel elétrico do fancoil 1 e 2 com seus respectivos variador de frequência, chaves, botoeiras e atendem também outros equipamentos de outras áreas do estúdio I, como por exemplo: área técnica, salas de maquiagem, sala de elenco, figuração e outras.



Figura 22 – Painel Elétrico do Fancoil 1  
Fonte: RECORD (2010)

#### 4.2.1.3 Aplicação do RCM ou MCC (Manutenção Centrada em Confiabilidade)

Em instalações prediais tem se utilizado o método do RCM que se baseia na resposta a 7 perguntas, que devem ser respondidas em relação a cada item do sistema onde se deseja implantar um plano de manutenção. Segundo Moubray (1992), as sete perguntas são:

1. Quais são as funções e padrões de desempenho do item no seu contexto operacional atual?
2. De que forma ele falha em cumprir suas funções?
3. O que causa falha funcional?
4. O que acontece quando ocorre cada falha?
5. De que forma cada falha tem importância?
6. O que pode ser feito para prevenir cada falha?
7. O que deve ser feito, se não for encontrada uma tarefa preventiva apropriada?

O princípio básico do RCM é preservar a função do sistema, ou seja, se a função de um sistema é produzir um determinado produto o RCM se preocupará em garantir a produção. O início da utilização deste método se deu em aeronaves com o objetivo de se reduzir o tempo de parada em terra para manutenções preventivas que eram onerosas e despendiam muito tempo. Além de promover maior segurança nos voos, e reduzindo o custo de manutenção.

Segundo Moubray (2002) os cinco passos da RCM são:

1. Definir as fronteiras, separando Sistema de subsistemas, sendo que as fronteiras devem ser separadas e não sobrepostas, identificando o que atravessa as fronteiras, e observar as interfaces de entrada e saída.
2. Definir as interfaces dos subsistemas, funções e falhas funcionais. As interfaces devem ser definidas a partir da função do sistema. Identificar as falhas funcionais.
3. Definir os modos de falha para cada falha funcional, utilizando a técnica FMEA, ou FTA, desta forma pode-se determinar as ações de manutenção preditiva e preventiva.

4. Categorizar as rotinas de manutenção, relacionando os modos de falha com a atividade de manutenção, levando-se em conta os níveis de criticidade, conforme a figura 28:

- Categoria A: Modo de Falha que afeta a segurança.
- Categoria B; Não afeta a segurança, mas a operação.
- Categoria C: Não afeta a segurança e nem a operação, mas podem ser evitadas pela operação, podendo conduzir a redução de custos.
- Categoria D: Modo de falha utilizado para testes do sistema, com intuito de descobrir falhas.

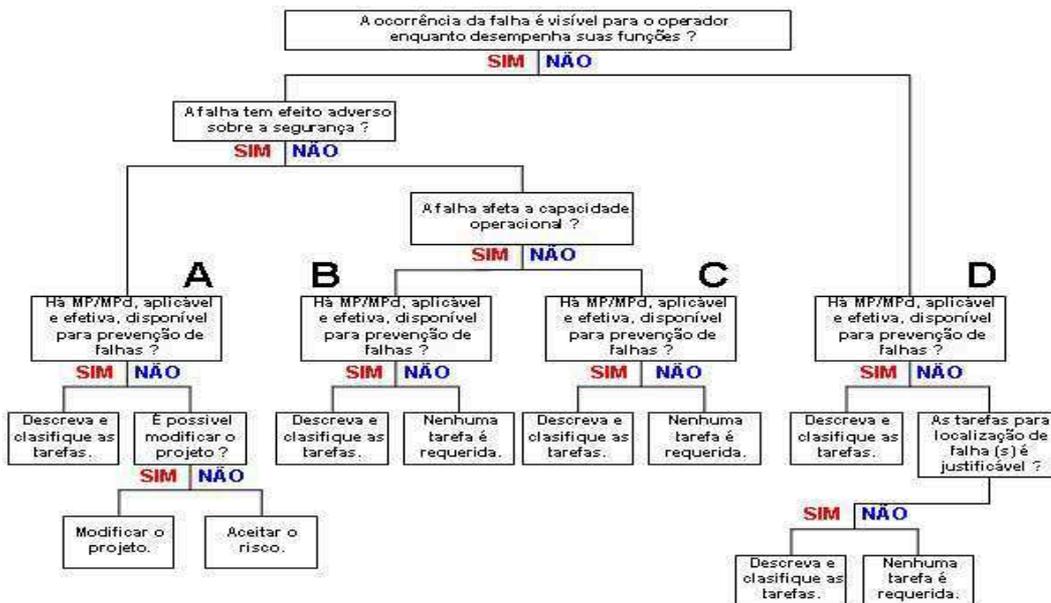


Figura 24 - Categorias de Modos de Falha  
Fonte: Qalytek (2010)

1. Programar as tarefas de manutenção. Devem ser implementadas as tarefas de manutenção já definidas e devem ser combinadas com os recursos disponíveis, para dimensionamento da força de trabalho necessária e habilidades para as ações a serem realizadas.

#### 4.2.3 Elaboração do plano de Manutenção

#### 4.2.3.1 Definição das fronteiras do sistema.

Foram identificados os subsistemas que compõem o sistema de automação da climatização do estúdio I, de modo a se enxergar a função de cada etapa do processo. Sendo dividido da seguinte forma:

- Condicionador de Ar: Subsistema responsável por tratar o ar, onde parte é retorno do ar do estúdio e parte é ar externo;
- Renovação de Ar: Subsistema responsável pela qualidade do ar dentro do estúdio I;
- Distribuição do Ar: Subsistema responsável pela distribuição do ar condicionado para os locais de maior demanda de climatização;

#### 4.2.3.2 Aplicação da técnica FMEA.

Após a divisão do sistema em subsistemas, foi feito um levantamento minucioso de todos os itens que compõem cada subsistema para identificar suas funções e possíveis falhas funcionais.

Montou-se uma tabela para organizar detalhadamente os equipamentos e relacioná-los com suas funções e falhas através do Método FMEA, apresentada nas Tabelas 1, 2 e 3.

As tabelas foram montadas para todos os itens pertinentes ao sistema que podem em alguma eventual falha comprometer a função principal do sistema que é o monitoramento e controle do sistema de climatização do estúdio I.

Tabela 1 – Análise dos Modos de Falha Subsistema Condicionador de Ar.

Subsistema	Quant.	Item	Função	Falha Operacional	Causa	Modo de Falha	Priorização dos Modos	Tarefa Selecionada		
Condicionador de Ar	8	Atuador Elétrico	Abertura e Fechamento da Válvula de Água Gelada (V2V)	Motor Queimado	Sobrecorrente	Oculta	B	Manutenção Preventiva		
					Sobretensão					
				Sem Acionamento	Borne sem aperto	Oculta	B	Manutenção Preventiva		
					Cabo Rompido					
				Eixo Travado	Quebra de Engrenagens	Oculta	B	Manutenção Preventiva		
					Vibração				Evidente	Manutenção Corretiva
					Lubrificação				Oculta	Manutenção Preventiva
				8	Sensor Pressão Diferencial	Informa Pressão Interna e Externa no Fancoil	Contato Travado	Vida Útil	Oculta	B
	Vibração	Evidente	Manutenção Corretiva							
	Borne sem aperto	Oculta	Manutenção Preventiva							
	Cabo Rompido									
	Mangueira Solta	Vibração	Evidente				B	Manutenção Corretiva		
		Falha de Fixação								
	8	Sensor Pressão Diferencial	Informa Pressão no Duto de Insuflamento e a Externa	Contato Travado	Fadiga	Oculta	B	Manutenção Preventiva		
				Mangueira Solta	Vibração				Manutenção Corretiva	
				Falta de Energia	Borne sem aperto				Oculta	Manutenção Preventiva
	8	Sensor de Temperatura	Informa a Temperatura do Ar de Insuflamento para o Estúdio	Valor Negativo	Cabo Rompido	Oculta	B	Manutenção Preventiva		
					Mau Conectado					
	8	Sensor de Temperatura	Informa a Temperatura do Ar de Retorno do Estúdio	Valor Alterado	Borne sem aperto	Oculta	B	Manutenção Preventiva		
					Emenda mau executadas					
	4	Sensor de Temperatura	Informa a Temperatura do Ar de Retorno do Estúdio	Valor Negativo	Cabo Rompido	Oculta	B	Manutenção Preventiva		
					Mau Conectado					
	4	Sensor de Temperatura	Informa a Temperatura do Ar de Retorno do Estúdio	Valor Alterado	Borne sem aperto	Oculta	B	Manutenção Preventiva		
					Emenda mau executadas					
4	Variador de Frequência	Controlar a rotação do Motor Ventilador do Fancoil	Painel Desligado	Falta de Energia	Oculta	B	Manutenção Preventiva			
				Borne sem aperto						
				Cabo Rompido						
4	Termostato de Segurança (resistências)	Desligar Resistências caso atinja Temperatura 90°C	Contato Travado	Sobretensão	Oculta	B	Manutenção Preventiva			
				Cabo Rompido						
			Borne sem aperto							
4	Controlador CLP	Controlar e Monitorar o Funcionamento do Fancoil	Sem Comunicação	Calibragem	Oculta	B	Manutenção Preventiva			
				Cabo Rompido						
				Mau Conectado						
				Borne sem aperto						
4	Controlador CLP	Controlar e Monitorar o Funcionamento do Fancoil	Sem Comunicação	Emenda mau executadas	Oculta	B	Manutenção Preventiva			
				Falta de Energia						

Tabela 2 – Análise dos Modos de Falha Substema Renovação de Ar

Substema	Quant.	Item	Função	Falha Operacional	Causa	Modo de Falha	Priorização dos Modos	Tarefa Seleccionada
Renovação de Ar	4	Atuador Elétrico	Abertura e Fechamento da Válvula de Água Gelada (V2V)	Motor Queimado	Sobrecorrente	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Sobretensão			
				Sem Acionamento	Borne sem aberto	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Cabo Rompido			
				Eixo Travado	Quebra de Engrenagens	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Vibração	Evidente		Manutenção Corretiva
	Lubrificação	Oculta	Manutenção Preventiva					
	4	Sensor de CO2	Monitorar Nível de CO2 do Ar de Retorno do Estúdio	Valor Negativo	Cabo Rompido	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Mau Conectado			
				Valor Alterado	Borne sem aberto	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Emenda mau executadas			
	2	Controlador CLP	Controlar e Monitorar o Funcionamento do Fancoil	Sem Comunicação	Cabo Rompido	Oculta	B	Manutenção Preventiva
Mau Conectado								
Borne sem aberto								
Emenda mau executadas								
Falta de Energia								

Tabela 3 – Análise dos Modos de Falha Substema Distribuição do Ar

Substema	Quant.	Item	Função	Falha Operacional	Causa	Modo de Falha	Priorização dos Modos	Tarefa Seleccionada
Distribuição do Ar	16	Atuador Elétrico	Abertura e Fechamento da Válvula Ar Variável(VAV)	Motor Queimado	Sobrecorrente	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Sobretensão			
				Sem Acionamento	Borne sem aberto	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Cabo Rompido			
				Eixo Travado	Quebra de Engrenagens	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Vibração	Evidente		Manutenção Corretiva
	Lubrificação	Oculta	Manutenção Preventiva					
	8	Controlador CLP	Controlar e Monitorar o Funcionamento da VAV	Sem Comunicação	Cabo Rompido	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Mau Conectado			
					Borne sem aberto			
					Emenda mau executadas			
					Falta de Energia			
	16	Sensor de Temperatura	Informa a Temperatura Interna do Estúdio	Valor Negativo	Cabo Rompido	Oculta	B	Manutenção Preventiva
					Mau Conectado			
Valor Alterado				Borne sem aberto				
				Emenda mau executadas				

## 4.2.3.3 Plano de Manutenção

Montou-se um planejamento de manutenção como apresentado nas tabelas 4, 5 e 6, visando a redução dos custos e aumento da disponibilidade. As tarefas foram adequadas de modo a privilegiar a modalidade Preventiva. As periodicidades foram concebidas com base nos manuais de fabricantes, histórico de manutenções e rotinas diárias. Este plano inicial deverá ser reavaliado anualmente visando o aperfeiçoamento as condições reais do sistema.

**Tabela 4 – Plano de Manutenção Subsistema Condicionador de Ar**

Subsistema	Quant.	Item	Tipo	Atividade	Tarefa	Periodicidade	Observações	
Condicionador de Ar	8	Atuador Elétrico	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Trimestral	---	
					Executar Limpeza Externa			
					Inspeção na Fixação do Atuador			
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento			
						Testes de Abertura e Fechamento		
	8	Sensor Pressão Diferencial	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Trimestral	---	
					Executar Limpeza Externa			
					Inspeção na Fixação do Sensor			
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento			
					Verificar Integridade das Mangueiras	Bimestral		
	Ligar e Desligar Equipamento para alterar a pressão							
	8	Sensor de Temperatura	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Bimestral	Utilizar Termômetro Manual para comparar a leitura de temperatura no local com o valor na tela do supervisor	
					Executar Limpeza Externa			
					Inspeção na Fixação do Sensor			
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento	Trimestral		
					Inspeção Visual na Emenda do Cabo do sensor			
					Fazer leitura com Termômetro Manual e comparar com o Valor da Tela do Supervisor			
						Anotar na OS os valores das leituras		
	4	Variador de Frequência	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Semestral	---	
					Executar Limpeza Externa			
					Inspeção na Fixação do Variador			
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento			
	4	Termostato de Segurança (resistências)	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Bimestral	Ajustar o Soprador Térmico digital para 90°C e realizar o testes	
					Colocar Chave MDA no Painel Elétrico para Posição 0 (Desligado)			
Realizar Limpeza								
Verificar Integridade do TAG do Equipamento								
Testes com Soprador Térmico Digital								
Reaperto das Conexões Elétrica								
4	Controlador CLP	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Bimestral	---		
				Executar Limpeza Externa				
				Verificar Integridade do TAG do Equipamento				
				Verificar LED de Comunicação				
				Inspeção da Fixação				
				Reaperto no Bornes				
				Leitura da Tensão de Alimentação				

**Tabela 5 – Plano de Manutenção Subsistema Renovação de Ar**

Subsistema	Quant.	Item	Tipo	Atividade	Tarefa	Periodicidade	Observações
Renovação de Ar	4	Atuador Elétrico	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Trimestral	---
					Executar Limpeza Externa		
					Inspeção na Fixação do Atuador		
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento		
					Testes de Abertura e Fechamento		
	4	Sensor de CO2	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Trimestral	---
					Executar Limpeza Externa		
					Inspeção da Fixação		
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento		
					Fazer leitura no Display do Sensor e comparar com o Valor da Tela do Supervisório		
	2	Controlador CLP	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Bimestral	---
					Executar Limpeza Externa		
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento		
					Verificar LED de Comunicação		
					Inspeção da Fixação		
Reaperto no Bornes							
Leitura da Tensão de Alimentação							

**Tabela 6 – Plano de Manutenção Subsistema Distribuição do Ar**

Subsistema	Quant.	Item	Tipo	Atividade	Tarefa	Periodicidade	Observações
Distribuição do Ar	16	Atuador Elétrico	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Trimestral	---
					Executar Limpeza Externa		
					Inspeção na Fixação do Atuador		
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento		
					Testes de Abertura e Fechamento		
	8	Controlador CLP	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Bimestral	---
					Executar Limpeza Externa		
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento		
					Verificar LED de Comunicação		
					Inspeção da Fixação		
					Reaperto no Bornes		
	Leitura da Tensão de Alimentação						
	16	Sensor de Temperatura	Preventiva	Téc. Automação	Inspeção Visual	Bimestral	Utilizar Termometro Manual para comparar a leitura de temperatura no local com o valor na tela do supervisório
					Executar Limpeza Externa		
					Inspeção na Fixação do Sensor		
					Verificar Integridade do TAG do Equipamento	Trimestral	
					Inspeção Visual na Emenda do Cabo do sensor		
					Fazer leitura com Termometro Manual e comparar com o Valor da Tela do Supervisório		
Anotar na OS os valores das leituras							







## 5. CONCLUSÕES

No passado, a automação surgiu a partir de uma necessidade de otimização de processos, com o intuito de aumentar a produtividade, qualidade, segurança, reduzir custos e aliviar o trabalho do homem. Nos dias atuais, a automação se faz presente em vários aspectos da atividade do ser humano, no âmbito da manutenção a automação é uma ferramenta importante, pois permite o monitoramento e controle de máquina e equipamentos em tempo real, como o sistema de automação da climatização de um estúdio de gravação de novelas que é o caso de estudo deste trabalho de conclusão.

A metodologia do RCM mostrou-se apropriada para desenvolvimento do planejamento de manutenção desejado, tendo em vista que até hoje nunca existiu um plano de manutenção definido para o estúdio. O método é trabalhoso e requer paciência e atenção, principalmente nas análises de falha, que serão a base do sucesso do trabalho. Este planejamento deverá ser aplicado em caráter de experimental, e a partir dos resultados as correções e adaptações ao cronograma de manutenção serão realizadas.

Acredito que as informações aqui apresentadas servirão como base de orientação e conhecimento aos operadores e mantenedores do estúdio I, para que atuem de forma correta e consciente baseados em um trabalho científico que buscou as alternativas para manter a disponibilidade do sistema.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALFA INSTRUMENTOS – Apostila Protocolo de Comunicação Modbus RTU/ASCII - Alfa Instrumentos, 2000.

ARCURI FILHO, Rogério – Apostila RCM - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Apostila da disciplina ministrada no MBA em Engenharia de Manutenção.

PEIXOTO, Alessandro Jacoud – Sistema de Instrumentação, Controle e Automação Industrial - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Apostila da disciplina ministrada no MBA em Engenharia de Manutenção.

SEIXAS, Eduardo – Apostila Confiabilidade aplicada na Manutenção - Rio de Janeiro - Qalytek, 2002.

SEIXAS, Constantino – Apostila Protocolos Orientados a Caracter – Universidade Federal de Minas Gerais – Departamento de Engenharia Eletrônica, 2008.

SEIXAS, Eduardo de Santana – Apostila Confiabilidade - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Apostila da disciplina ministrada no MBA em Engenharia de Manutenção.

Site MODBUS.ORG. “Technical Resources”. Disponível em <http://www.modbus.org>. Acesso em Setembro/2013.

Site SMAR.COM. “O que é Profibus”. Disponível em <http://www.smar.com> - Acesso em Setembro/2013.

Site ROTORK.COM. “Modbus”. Disponível em <http://www.rotork.com> - Acesso em Setembro/2013.

Site US.PROFINET.COM. “Profibus”. Disponível em <http://www.us.profinet.com> - Acesso em Setembro/2013.

Site PROFIBUS.ORG.BR. “Associação Profibus Brasil”. Disponível em <http://www.profinet.org.br> - Acesso em Setembro/2013.

Site ALERTON.COM. “Field Controller”. Disponível em <http://www.alerton.com> - Acesso em Setembro/2013.

Site HONEYWELL.COM. “Actuators and Motors”. Disponível em <http://www.customer.honeywell.com> - Acesso em Setembro/2013.

SOUZA ALMEIDA, Carlos – Gestão da Manutenção Predial - Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2011. Apostila da disciplina ministrada no MBA em Engenharia de Manutenção.